

Relevansi disertasi mahasiswa N. Vinky Rahman yang bertema “Kajian Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Pada Permukiman Tradisional (Studi Kasus : Permukiman Tradisional Batak Toba Di Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samosir)” dengan roadmap penelitian Prof. Ar. Ir. Nurlisa Ginting, M.Sc., Ph.D., IPM, IAI dapat dilihat dari beberapa aspek utama:

1. Fokus Penelitian:

- Disertasi mahasiswa N. Vinky Rahman menyoroti "Sistem Proteksi Pasif Kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba", dengan tujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem proteksi kebakaran pada rumah tradisional Batak Toba, yang sangat relevan dengan upaya pelestarian warisan budaya dan pariwisata yang disebutkan dalam roadmap penelitian Prof. Ar. Ir. Nurlisa Ginting, M.Sc., Ph.D., IPM, IAI.
- Terutama, ada kaitan dengan **pariwisata berkelanjutan**, yang menjadi bagian dari penelitian unggulan Prof. Ginting, terutama yang berkaitan dengan kawasan wisata heritage dan identitas tempat .

2. Konservasi Warisan Budaya:

- Pada roadmap Prof. Ar. Ir. Nurlisa Ginting, M.Sc., Ph.D., IPM, IAI, terdapat fokus pada pengembangan kawasan wisata berbasis geotourism dan wisata heritage, termasuk penerapan konsep perlindungan warisan budaya. Hal ini terhubung langsung dengan tujuan disertasi Rahman yang berkaitan dengan pelestarian permukiman tradisional sebagai bagian dari warisan budaya, yang dapat menjadi bagian dari sektor pariwisata .

3. Pengembangan Infrastruktur Berkelanjutan:

- Dalam roadmap penelitian Prof. Ar. Ir. Nurlisa Ginting, M.Sc., Ph.D., IPM, IAI, terdapat kajian mengenai penataan kawasan berbasis pariwisata berkelanjutan, yang mencakup aspek pengelolaan fisik dan kebijakan pariwisata yang dapat mendukung keberlanjutan kawasan wisata. Hal ini sangat terkait dengan penelitian Rahman, yang menekankan pentingnya sistem proteksi pasif dalam mendukung infrastruktur yang aman dan berkelanjutan di kawasan wisata, seperti Permukiman Tradisional Batak Toba .

- Disertasi mahasiswa N. Vinky Rahman sejalan dengan perhatian pada **keamanan bangunan dan kesiapsiagaan bencana** yang dijadikan sebagai salah satu isu strategis dalam roadmap Prof. Ginting, terutama dalam hal melindungi properti dan lingkungan dari bahaya kebakaran. Konsep sistem proteksi pasif, yang difokuskan pada mengurangi risiko kebakaran tanpa mengandalkan teknologi mekanis, mendukung tujuan untuk menciptakan kawasan yang aman dan tahan bencana .

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa disertasi mahasiswa N. Vinky Rahman sangat mendukung roadmap penelitian Prof. Ar. Ir. Nurlisa Ginting, terutama dalam konteks pengembangan kawasan wisata heritage yang berkelanjutan, pengelolaan kawasan berbasis identitas tempat, serta upaya pelestarian warisan budaya Batak Toba dalam kerangka sistem proteksi kebakaran yang berfokus pada keberlanjutan dan keamanan.

14.IDENTITAS TEMPAT (PLACE IDENTITY)							
(Dr. Nurlisa Ginting)	- Kajian Komparatif Elemen Distinctiveness Pada Pariwisata Heritage Di Medan, Bukit Tinggi dan Siak. (tahun kedua). - Kajian Komparatif aspek Self Efficasy dan Esteem pada pariwisata heritage di	- Kajian Komperatif Aspek Self Efficacy dan Esteem Pada Pariwisata Heritage Di Medan, Bukit Tinggi dan Siak (tahun kedua). - Kajian identitas tempat pada pembangunan	- Kajian Komperatif Aspek Self Continuity Pada Pariwisata Heritage Di Medan, Bukit Tinggi dan Siak - Kajian identitas tempat pada pembangunan	- Kajian Komperatif Aspek Continuity Pada Pariwisata Heritage Di Medan, Bukit Tinggi dan Siak (tahun kedua). - Kajian komparatif aspek distictiveness di	Konsep Kawasan Wisata Heritage Berdasarkan Identitas Tempat di Medan, Bukit Tinggi dan Siak. Kajian komparatif aspek distictiveness pada kota Medan, Bandung dan	Teori baru Berbasis Elemen Distinctiveness, Self Efficacy, Self Esteem dan Continuity pada Kawasan	- Terbitnya 16 Journal/ Proceeding Internasional Bereputasi - Terbitnya 5 Jurnal Sinta 2. - Paten/ Hak Cipta

ISU STRATEGIS	Tahun 2021	Tahun 2022	Tahun 2023	Tahun 2024	Tahun 2025	Output	Target
	Medan, Bukit Tinggi dan Siak.	berkelanjutan kota Medan	berkelanjutan kota Medan . (tahun kedua)	kota Medan, Bandung dan Semarang	Semarang. (tahun kedua)	- Pariwisata Heritage - Konsep Kawasan Wisata Heritage Berdasarkan Identitas Tempat - Draft kebijakan pariwisata heritage berbasis identitas tempat. - Konsep pengembangan kota berbasis distinctiveness	Buku Ajar ber ISBN Berbasis Penelitian
15.PARIWISATA BERKELANJUTAN (SUSTAINABLE TOURISM)							
(Dr. Nurlisa Ginting)	Program Pariwisata Berkelanjutan dalam pengembangan pariwisata Provinsi Sumatera	Program Pariwisata Berkelanjutan dalam pengembangan pariwisata Provinsi Sumatera Utara. (tahun kedua)	Kajian Fasilitas Umum dalam penerapan pariwisata berkelanjutan di kecamatan Girsang Sipangan Bolon, Simanindo, Pangururan dan Balige	- Kajian Akomodasi berbasis pariwisata berkelanjutan di kabupaten Samosir dan Karo.. - Kajian pengembangan pariwisata berkelanjutan di kabupaten Langkat.	Model Penataan Kawasan Wisata Berdasarkan Pariwisata Berkelanjutan pada kecamatan Simanindo	- Teori baru Berbasis Pariwisata Berkelanjutan - Model Penataan Kawasan Wisata Berdasarkan Pariwisata Berkelanjutan. Draft kebijakan atau pedoman ttg pariwisata berkelanjutan.	

ISU STRATEGIS	Tahun 2021	Tahun 2022	Tahun 2023	Tahun 2024	Tahun 2025	Output	Target
16.GEOTOURISM		•	•	•		•	
(Dr. Nurlisa Ginting)	Kajian Pengembangan Geotourism pada kawasan Kaldera Toba	Kajian Pengembangan Geotourism Pada kawasan Kaldera Toba (tahun kedua)	Penerapan konsep geotourism pada penataan kawasan wisata di Kabupaten Karo.	Penerapan Konsep Geotourism pada penataan kawasan wisata di Kabupaten Karo (tahun kedua)	Model pengelolaan Fisik pada penataan kawasan wisata yg berbasiskan geotourism.	- Model Pengelolaan Fisik pd kawasan wisata yg berbasis geotourism. - Draft kebijakan geotourism . Konsep Geotourism pada penataan kawasan wisata.	

**KAJIAN SISTEM PROTEKSI PASIF KEBAKARAN PADA PERMUKIMAN
TRADISIONAL (STUDI KASUS : PERMUKIMAN TRADISIONAL BATAK
TOBA DI KECAMATAN PANGURURAN, KABUPATEN SAMOSIR)**

Disertasi oleh :

N. VINKY RAHMAN

198121002/AR



**PROGRAM DOKTOR
ILMU ARSITEKTUR DAN PERKOTAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN**

2024

**KAJIAN SISTEM PROTEKSI PASIF KEBAKARAN PADA PERMUKIMAN
TRADISIONAL (STUDI KASUS : PERMUKIMAN TRADISIONAL BATAK
TOBA DI KECAMATAN PANGURURAN, KABUPATEN SAMOSIR)**

DISERTASI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor dalam
Program Doktor (S3) Ilmu Arsitektur dan Perkotaan pada Fakultas Teknik
Universitas Sumatera Utara**

Oleh :

N. VINKY RAHMAN

198121002/AR

**Program Doktor (S3) Ilmu Arsitektur dan Perkotaan pada Fakultas Teknik
Universitas Sumatera Utara**

**PROGRAM DOKTOR
ILMU ARSITEKTUR DAN PERKOTAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

MEDAN

2024

PERNYATAAN

Judul Disertasi

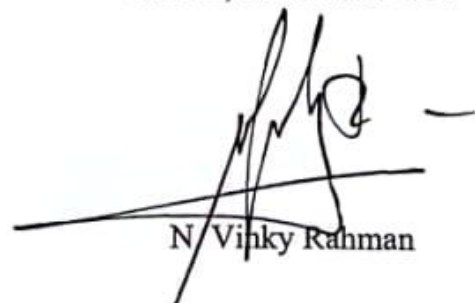
KAJIAN SISTEM PROTEKSI PASIF KEBAKARAN PADA PERMUKIMAN TRADISIONAL (STUDI KASUS : PERMUKIMAN TRADISIONAL BATAK TOBA DI KECAMATAN PANGURURAN, KABUPATEN SAMOSIR)

Dengan ini penulis menyatakan bahwa disertasi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Arsitektur dan Perkotaan pada Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara adalah benar merupakan hasil karya penulis sendiri.

Adapun pengutipan-pengutipan yang penulis lakukan pada bagian-bagian tertentu dari hasil karya orang lain dalam Disertasi ini, telah penulis cantumkan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan seluruh atau sebahagian disertasi ini bukan hasil karya penulis sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu penulis bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang penulis sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Medan, 10 Januari 2024



N Vinky Rahman

Judul Disertasi : Kajian Sistem Proteksi Pasif Kebakaran pada Permukiman Tradisional (Studi Kasus : Permukiman Tradisional Batak Toba di Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samosir)

Nama Mahasiswa : N. Vinky Rahman

Nomor Pokok : 198121002

Program Studi : Doktor (S3) Ilmu Arsitektur dan Perkotaan

Menyetujui



(Prof. Ir. Nurlisa Ginting M.Sc., Ph.D., IPM)
Promotor



(Prof. Dr. Ing. Ir. Johannes Tarigan)
Co-Promotor



(Amy Marisa, ST., M.Sc., Ph.D)
Co-Promotor

Mengetahui

Ketua Program Studi



(Dr. Ir. Dwi Dhanu Nurfalini Aulia M.Sc., IPM)

Dekan



(Prof. Dr. As'adul Hani, S.T., M.Sc., IPM)

Tanggal Lulus : 10 Januari 2024

PANITIA PENGUJI DISERTASI

Ketua	: Prof. Ir. Nurlisa Ginting, M.Sc., PhD, IPM	USU Medan
Anggota	: Prof. Dr. Ing. Ir. Johannes Tarigan	USU Medan
	Amy Marisa, ST., M.Sc., Ph.D	USU Medan
	Dr. Abdul Munir, ST., MT	USK Aceh
	Dr. Ir. Dwira Nirfalini Aulia M.Sc., IPM	USU Medan
	Beny OY Marpaung, S.T., M.T., Ph.D.	USU Medan

Dengan Surat Keputusan
Rektor Universitas Sumatera Utara
Nomor : 85/ UN5.1.R/SK/SSA/2024
Tanggal : 10 Januari 2024

KAJIAN SISTEM PROTEKSI PASIF KEBAKARAN PADA PERMUKIMAN TRADISIONAL (STUDI KASUS : PERMUKIMAN TRADISIONAL BATAK TOBA DI KECAMATAN PANGURURAN, KABUPATEN SAMOSIR)

ABSTRAK

Sistem proteksi pasif adalah sistem proteksi kebakaran yang terbangun tanpa mekanis, yang diaplikasikan dalam bentuk perencanaan/rekayasa keselamatan kebakaran. Sistem ini memiliki keandalan yang paling baik dibanding sistem proteksi kebakaran lainnya, karena memiliki efisiensi dan daya tahan tinggi serta pemeriksaan dan pemeliharaan yang minimum. Disertasi ini bertujuan untuk menemukan Sistem Proteksi Pasif Kebakaran (SPPK) pada permukiman tradisional. Kebakaran yang kerap terjadi pada permukiman tradisional yang merupakan aset cagar budaya, menimbulkan kerugian yang tak ternilai karena objek merupakan pusaka budaya bangsa. Selain itu, objek penelitian yaitu Permukiman Tradisional Batak Toba Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean di Kecamatan Pangururan adalah permukiman yang telah menjadi Destinasi Pariwisata Super Prioritas (DPSP) Danau Toba. Upaya protektif menjadi sangat dibutuhkan dalam mendukung upaya perlindungan cagar budaya sekaligus pula perlindungan terhadap aset pariwisata. Disertasi ini mencoba untuk menyimpulkan variabel-variabel SPPK pada objek studi yaitu permukiman tradisional, dengan studi kasus Permukiman Tradisional Batak Toba. Metode yang digunakan pada penelitian ini dimulai dengan melakukan kajian literatur untuk memperoleh aspek-aspek SPPK yang dapat diterapkan pada objek penelitian yaitu permukiman tradisional, yang selanjutnya dijadikan variabel, indikator dan parameter penelitian. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan metode AHP untuk memperoleh nilai hirarki /kepentingan untuk masing-masing variabel, indikator dan parameter SPPK tersebut. Selanjutnya, dilakukan analisis untuk menentukan tingkat keandalan parameter, indikator dan variabel SPPK pada objek penelitian. Nilai tingkat keandalan ini selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi tingkat keandalan akumulasi pada Permukiman Tradisional Batak Toba. Optimalisasi SPPK, diperoleh dengan melakukan korelasi antara perhitungan nilai hierarki dan tingkat keandalan pada variabel, indikator dan parameter SPPK objek penelitian. Berdasarkan hasil penelusuran literatur, ditemukan bahwa variabel sistem proteksi pasif yang kompatibel terhadap permukiman tradisional adalah desain *site*, aksesibilitas, struktur bangunan, material bangunan dan tata ruang bangunan. Disimpulkan pula bahwa variabel struktur, dengan nilai hierarki kepentingan 3,97%, yang berarti tidak signifikan berpengaruh terhadap proteksi pasif kebakaran objek penelitian. Untuk hasil evaluasi pada objek penelitian Permukiman Tradisional Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, diperoleh bahwa nilai persentase keandalan SPPK adalah 56,93%, yang termasuk dalam klasifikasi beresiko sedang, yang masih perlu dan dapat ditingkatkan lagi keandalannya. Hasil perhitungan optimalisasi SPPK, menemukan bahwa aspek tata ruang dan aspek material bangunan adalah aspek SPPK yang menjadi prioritas yang perlu dilakukan untuk peningkatan keandalan proteksi kebakaran objek penelitian. Selanjutnya berdasarkan urutan prioritas optimalisasi ini, desain *site* dan aksesibilitas menjadi prioritas berikutnya untuk dilakukan peningkatan.

Kata kunci : Sistem proteksi pasif kebakaran, Permukiman tradisional

**STUDY OF PASSIVE FIRE PROTECTION SYSTEM IN TRADITIONAL
SETTLEMENTS (CASE STUDY: TRADITIONAL BATAK TOBA
SETTLEMENT IN PANGURURAN DISTRICT, SAMOSIR REGENCY)**

ABSTRACT

Passive Protection Systems are fire protection systems built without mechanics and are applied in the form of fire safety planning/engineering. This system has the best reliability compared to other Fire Protection Systems because it is highly efficient and durable and requires minimum inspection and maintenance. This dissertation aims to find a Passive Fire Protection System (PFPS) in traditional settlements. Fires often occur in traditional settlements that cause invaluable losses because the objects are the nation's cultural heritage. The research object, namely the Toba Batak Traditional Settlement, Hutaraja-Pardamean Village in Pangururan District, is a settlement that has become a Lake Toba Super Priority Tourism Destination. Protective efforts are urgently needed to support efforts to protect cultural heritage as tourism assets. This dissertation attempts to summarize the PFPS variables on the object of study, namely traditional settlements, with a case study of Toba Batak Traditional Settlements. The method used in this research begins with a literature review to obtain aspects of PFPS suitable to the research object, later called variables, indicators, and research parameters. The analysis method used the AHP process to get hierarchical / importance values for each variable, indicator, and PFPS parameter. The next step is an analysis process to determine the level of reliability of PFPS parameters, indicators, and variables on the research object. This reliability level value evaluates the accumulated Reliability Level in Toba Batak Traditional settlements. Optimization of PFPS is obtained by conducting a correlation between the calculation of hierarchical values and the level of reliability of the PFPS variables, indicators, and parameters of the research object. Based on the literature search results, Passive Protection System variables compatible with Traditional Settlements are Site Design, Accessibility, Building Structure, Building Materials, and Building Spatial Planning. It was also concluded that the structure variable, with a hierarchy of importance value of 3.97%, has no significant effect on the passive fire protection of the research object. The evaluation results on the Hutaraja-Pardamean Settlement research object found that the PFPS reliability percentage value was 56.93% or classified as medium risk classification, whose reliability still needs and can be further improved. The results of the PFPS optimization calculations found that the Spatial Planning aspect and the Building Materials aspect were the PFPS aspects that were priorities that needed to be carried out to increase the reliability of the fire protection of the research object. Furthermore, based on this optimization priority order, Site Design and Accessibility are the following priorities for improvement.

Keywords: *Passive fire protection system, Traditional settlements*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur dan Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan karunia-Nya penulis telah sampai pada tahap akhir penelitian disertasi doktor ini yang berjudul “Kajian Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Permukiman Tradisional Batak Toba (Studi Kasus : Permukiman Tradisional Batak Toba di Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samosir)”. Laporan ini disusun sebagai persyaratan memperoleh gelar Doktor dalam Program Studi Doktor Arsitektur dan Perkotaan pada Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwa selama melakukan penelitian dan penulisan disertasi ini, penulis banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih kepada beberapa pihak diantaranya yaitu

1. Promotor utama yaitu Ibu Prof. Ir.Nurlisa Ginting, M.Sc, Ph.D, IPM dan co-promotor-1; Bapak Prof. Dr. Ing. Ir. Johannes Tarigan, serta co-promotor-2; Ibu Amy Marisa, ST, M.Sc., Ph.D atas waktu dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk arahan dan diskusinya dalam penelitian.
2. Kepada bapak/ibu penguji disertasi ; Ibu Ir. Dwira Nirfalini Aulia, M.Sc., Ph.D, IPM ; Ibu Beny O.Y Marpaung, ST, MT, PhD, IPM dan Bapak Dr. Abdul Munir ST MT, atas kritik dan saran yang terkait dengan penelitian.
3. Terimakasih juga saya sampaikan kepada pihak Rektorat, pihak Dekanat, Ketua Departemen S2/S3 dan Ketua Departemen Arsitektur Universitas Sumatera Utara yang telah memberikan Izin Belajar kepada Penulis untuk menyelesaikan Program Doktor ini.
4. Terimakasih tak terhingga penulis sampaikan kepada orang tua tercinta Alm. Ir Syarief Rahman Dipl HE dan Alm Hj. Nurjanah Usman yang dengan pengaruh, arahan dan dukungannya selalu menjadi panduan penulis dalam menyelesaikan pendidikan, sejak usia dini sampai dengan saat ini.
5. Kepada Istri yang saya sayangi yaitu Daru Lisa Rahman dan anak-anak tercinta Vianca Rizky Rahman, Vicania Raisa Rahman, Normanreza Rahman, Kenzie Hafizwan Rahman, dan Bilqis Putri Lisa Rahman, tidak

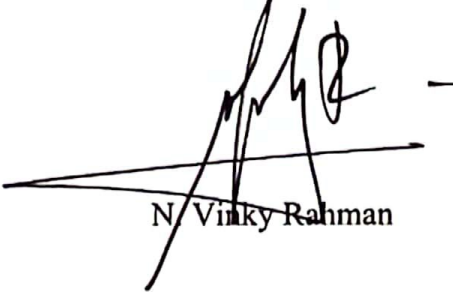
ada hal yang paling berpengaruh selain support kalian sebagai motivator dan penyemangat penulis dalam menyelesaikan program doktor ini.

6. Kepada Ketua Prodi S1 Arsitektur; Ibu Dr Wahyuni Zahra ST Msi, dan Sekertaris Prodi Bapak Mohammad Dolok Lubis ST Msc. beserta Staf Pengajar dan Administrasi Departemen Arsitektur FT USU atas makluman dan dukungannya dalam menyelesaikan disertasi saya ini.
7. Kepada Ibu Novi selaku Staff Administrasi S3, yang sangat direpotkan dalam membantu kelancaran segala hal persiapan administratif hingga sampai acara sidang pada hari ini.
8. Penulis tidak akan bisa mencapai tahap saat ini tanpa bantuan dan kesediaan dan peran ananda Ulfatun Fitri Kusumah, Fitri Rahmawati Nasution, Reni Ardilla, Aulia Malik Affif, Dara Amalia, Handy Ramadhan, Cindy Claudia Siregar, Nuraliya Purba, Thahira Nisa dan Najmah Alya yang telah membantu banyak hal dan berperan sangat penting dalam proses penyelesaian disertasi doktor ini.
9. Kepada Prof. Ir. Rosnani Ginting MT., Ph.D.; dan Dr. Ir. Ahmad Perwira Tarigan, kakak dan juga rekan terbaik, yang selalu memberi semangat dari saat memulai hingga tahap menyelesaikan studi S3 saya ini.
10. Rekan - rekan IAITB Sumatera Utara , Ir Srigunana, Ir Lisnidar, Ir Rasun , Ir Enny, Ir. Marshal, juga tak lupa Ir. Edy Putra Maha, dan rekan-rekan yang lain, yang tidak dapat saya sampaikan satu persatu, terima kasih atas dukungannya
11. Kepada Ketua Yayasan Ma'had Tahfidz Kitabina, Ustadz Ferhad Akbar, Bapak Feri Sasui beserta ustadz-ustadz jajaran Pengurus Yayasan, dan anak didik Ma'had Tahfidz, terima kasih setulus-tulusnya atas doa dan dukungannya.
12. Kepada semua pihak yang telah membantu, Bapak dan Ibu Dosen, Pegawai dan Mahasiswa di Departemen Arsitektur USU yang telah memberikan dukungan moral kepada penulis.
13. Terakhir penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penulis dan pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu namanya.

Penulis berharap banyak masukan, kritik, dan saran dari semua pihak agar penelitian ini dapat mencapai hasil dan manfaat yang terbaik. Semoga apa yang telah dicapai dapat memberikan sumbangan ilmu terhadap perkembangan Ilmu Arsitektur dan Perkotaan secara keseluruhan, Aamiin.

Medan, 10 Januari 2024

Penulis,



N. Vinky Rahman

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xvi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Manfaat Penelitian	9
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	11
1.6 Kerangka Pemikiran.....	13
1.7 Sistematika Penulisan	14
 BAB II KAJIAN TEORI	 15
2.1 Sistem Proteksi Kebakaran	15
2.2 Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Pada Permukiman Tradisional	19
2.2.1 Desain <i>Site</i>	31
2.2.1.1 Penataan Blok Massa	40
2.2.1.2 Jarak Antar Bangunan.....	44
2.2.1.3 Keberadaan Sumber Daya Air	49
2.2.1.4 Ketersediaan Ruang Terbuka	55
2.2.1.5 Keberadaan Benda Mudah Terbakar	58
2.2.2 Aksesibilitas.....	60
2.2.2.1 Keberadaan PMK Terdekat.....	67
2.2.2.2 Kondisi jalan menuju <i>site</i>	71
2.2.2.3 Akses di dalam <i>site</i>	73
2.2.3 Struktur Bangunan	79
2.2.3.1 Stabilitas.....	84
2.2.3.2 Integritas	87

2.2.3.3	Konduktivitas.....	88
2.2.4	Material Bangunan.....	90
2.2.4.1	Flamibilitas	98
2.2.4.2	Perambatan.....	102
2.2.4.3	Resistensi	103
2.2.4.4	Konduktivitas.....	105
2.2.5	Tata Ruang Bangunan.....	107
2.2.5.1	Susunan Ruang.....	111
2.2.5.2	Instalasi Listrik.....	115
2.3	Optimalisasi Sistem Proteksi Pasif Kebakaran	118
2.4	Kerangka Konseptual Penelitian	121
2.5	<i>Research Gap</i>	124
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		130
3.1	Pendekatan penelitian.....	130
3.2	Metode Penentuan Lokasi Penelitian	132
3.3	Metode Penentuan Variabel Penelitian	134
3.4	Kriteria Penentuan Narasumber	140
3.5	Metode Pengumpulan Data	142
3.6	Rancangan Instrumen Penelitian.....	175
3.7	Metode Analisa Data.....	178
3.7.1	Sistem Keandalan dengan AHP	183
3.7.2	Tingkat Keandalan dengan Skala Ordinal.....	185
3.7.3	Optimalisasi dengan Meta Analisis.....	186
3.8	Validitas dan Realibilitas Data.....	187
3.8.1	Validitas AHP	188
3.8.2	Validitas Skala Ordinal	189
BAB IV DESKRIPSI OBJEK PENELITIAN.....		191
4.1	Desain <i>Site</i> Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	196
4.1.1	Penataan Blok Massa.....	196
4.1.2	Jarak Antar Bangunan	200
4.1.3	Keberadaan Sumber Daya Air	208

4.1.4	Ketersediaan Ruang Terbuka.....	210
4.1.5	Keberadaan Benda Mudah Terbakar	213
4.2	Aksesibilitas Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	216
4.2.1	Keberadaan Pemadam Kebakaran Tedekat	217
4.2.2	Kondisi Jalan Menuju <i>Site</i>	221
4.2.3	Aksesibilitas di Dalam <i>Site</i>	223
4.3	Struktur Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	227
4.3.1	Integritas Struktur	229
4.3.2	Stabilitas Struktur	229
4.3.3	Konduktivitas Struktur	230
4.4	Material Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	231
4.4.1	Flamabilitas Material.....	232
4.4.2	Perambatan Material.....	233
4.4.3	Resistensi Material	234
4.4.4	Konduktivitas material	234
4.5	Tata Ruang Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	235
4.5.1	Instalasi Listrik	236
4.4.2	Susunan Ruang	237
BAB V	ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	240
5.1	Keandalan Sistem Proteksi Pasif pada Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean Eksisting	240
5.1.1	Nilai Hierarki Variabel, Indikator, dan Parameter	241
5.1.1.1	Nilai Hierarki Variabel.....	241
5.1.1.2	Nilai Hierarki antar Indikator pada Keseluruhan Variabel	245
5.1.2	Analisa Tingkat Keandalan Sistem Proteksi Pasif pada Kampung Ulos Hutaraja-Pardamedan Eksisting	248
5.1.2.1	Desain <i>Site</i> Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	248
5.1.2.2	Aksesibilitas Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean....	269
5.1.2.3	Struktur Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	283
5.1.2.4	Material Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	295
5.1.2.5	Tata Ruang Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-	

	Pardamean	311
5.1.3	Nilai Keandalan Proteksi Pasif Kebakaran Kampung Ulos Hutaraja- Pardamean pada Kondisi Eksisting.....	320
5.2	Optimalisasi Sistem Proteksi Pasif pada Kampung Ulos Hutaraja Pardamean	325
5.2.1	Desain <i>Site</i> Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	329
5.2.2	Aksesibilitas Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	333
5.2.3	Struktur Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	336
5.2.4	Material Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	339
5.2.5	Tata Ruang Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean ..	342
5.3	Novelty	346
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		350
6.1	Kesimpulan	350
6.2	Saran	355
DAFTAR PUSTAKA.....		359
Lampiran I	(Data peristiwa kebakaran rumah adat tradisional di Indonesia pada 10 tahun terakhir).....	380
Lampiran II	(Foto keadaan rumah adat yang terbakar).....	382
Lampiran III	(Hasil wawancara)	383
Lampiran IV	(Foto wawancara)	394
Lampiran V	(Ilustrasi kawasan)	397
Lampiran VI	(Perhitungan AHP)	408
Lampiran VII	(Deskripsi umum wilayah penelitian)	428

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerangka Berfikir	13
Gambar 2.1	Sistem proteksi pasif pada permukiman tradisional.....	31
Gambar 2.2	Contoh desain <i>site</i>	32
Gambar 2.3	Komponen desain <i>site</i>	40
Gambar 2.4	Penataan blok massa di Indonesia	41
Gambar 2.5	Tata letak rumah umumnya di Kawasan perumahan di Malaysia .	42
Gambar 2.6	Jarak antar bangunan yang aman	46
Gambar 2.7	Sumber alami (danau)	50
Gambar 2.8	Sumber air buatan.....	50
Gambar 2.9	Letak hidran halaman terhadap jalur akses mobil pemadam	52
Gambar 2.10	Posisi akses bebas mobil pemadam terhadap hidran kota.....	53
Gambar 2.11	Penyediaan lahan parker di dalam <i>site</i>	56
Gambar 2.12	Penataan lingkungan untuk proteksi kebakaran	61
Gambar 2.13	Komponen aksesibilitas	67
Gambar 2.14	Kondisi jalan sempit.....	71
Gambar 2.15	Model jalan lingkungan.....	73
Gambar 2.16	Perkerasan pada akses dalam <i>site</i>	74
Gambar 2.17	Contoh fasilitas belokan untuk mobil pemadam kebakaran.....	75
Gambar 2.18	Radius terluar untuuk belokan yang dapat dilalui.....	76
Gambar 2.19	Komponen struktur bangunan	84
Gambar 2.20	Komponen material bangunan	98
Gambar 2.21	Skema komponen tata ruang bangunan.....	111
Gambar 2.22	Keranjang sampah yang terbakar pada ruangan.....	113
Gambar 2.23	Kerangka teori penelitian	122
Gambar 2.24	Kerangka konsep penelitian	123
Gambar 2.25	<i>Research gap passive fire protection</i>	124
Gambar 2.26	<i>Research gap traditional settlement</i>	125
Gambar 2.27	<i>Research gap traditional building</i>	126
Gambar 2.28	<i>Research gap passive fire protection on traditional building</i>	127
Gambar 2.29	<i>Research gap passive fire protection on traditional settlement</i> ...	127
Gambar 3.1	Lokasi <i>site</i> (Kecamatan Pangururan)	134

Gambar 3.2	Foto udara Permukiman Tradisional Batak Toba di Kecamatan Paguruan.....	134
Gambar 3.3	Rumus <i>pearson product moment</i>	190
Gambar 4.1	Kerajian ulos Kampung Ulos Hutaraja Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan	191
Gambar 4.2	Foto udara Kampung Ulos Hutaraja.....	192
Gambar 4.3	Foto suasana Kampung Ulos Hutaraja	192
Gambar 4.4	Peta skematik Kampung Ulos-Hutaraja	193
Gambar 4.5	Pintu masuk Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	194
Gambar 4.6	Batas Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	195
Gambar 4.7	Penataan blok massa Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	196
Gambar 4.8	Penataan blok massa Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	197
Gambar 4.9	Penataan blok massa Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	198
Gambar 4.10	Penataan blok massa Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	199
Gambar 4.11	Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	200
Gambar 4.12	Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	201
Gambar 4.13	Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	202
Gambar 4.14	Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	202
Gambar 4.15	Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	203
Gambar 4.16	Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	204
Gambar 4.17	Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	205
Gambar 4.18	Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	206
Gambar 4.19	Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	207
Gambar 4.20	Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	208
Gambar 4.21	Jarak dari permukiman ke sumber air di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	209
Gambar 4.22	Instrumen sumber air pemadam kebakaran di Kampung Ulos Hutaraja-Pardameaan	210
Gambar 4.23	Ketersediaan ruang terbuka di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	211
Gambar 4.24	Material ruang terbuka di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean..	212
Gambar 4.25	Keberadaan benda mudah terbakar (tidak dapat berpindah) di	

	Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	213
Gambar 4.26	Keberadaan benda mudah terbakar dapat berpindah blok massa selatan.....	214
Gambar 4.27	Keberadaan benda mudah terbakar dapat berpindah blok massa utara	215
Gambar 4.28	Keberadaan benda mudah terbakar dapat berpindah blok massa Barat	216
Gambar 4.29	Keberadaan pmk terdekat di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	217
Gambar 4.30	Pos pemadam di Ambarita	218
Gambar 4.31	Pos pemadam di Rianniate	219
Gambar 4.32	Pos pemadam di Pangururan	220
Gambar 4.33	Pos pemadam di Nainggolan.....	220
Gambar 4.34	Kondisi jalan menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	222
Gambar 4.35	Alur akses kendaraan di dalam <i>site</i>	223
Gambar 4.36	Akses masuk.....	224
Gambar 4.37	Simulasi alur manufer mobil unit pemadam kebakaran.....	225
Gambar 4.38	Ruang manufer pada <i>site</i>	226
Gambar 4.39	Sambungan kolom dengan balok pada bangunan rumah tradisional lama (kiri) dan rumah tradisional baru (kanan).....	227
Gambar 4.40	Sambungan balok dengan rangka atap pada bangunan Rumah Tradisional Batak Toba di Desa Hutaraja	228
Gambar 4.41	Kondisi kayu di rumah-rumah tradisional Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean	230
Gambar 4.42	Material lantai dan dinding Rumah Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja	231
Gambar 4.43	Material atap pada bangunan rumah tradisional	232
Gambar 4.44	Dimensi material dinding kayu pada bangunan rumah tradisional.....	234
Gambar 4.45	Instalasi listrik luar bangunan Rumah Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja	236
Gambar 4.46	Instalasi listrik dalam bangunan Rumah Tradisional Batak Toba	

	Desa Hutaraja	237
Gambar 4.47	Tampak depan dan belakang rumah tradisional yang baru dibangun tahun 2022 di Kampung Ulos Hutaraja oleh PUPR.....	238
Gambar 4.48	Ruang dalam Rumah Tradisional Batak Toba	239
Gambar 5.1	Tahapan analisa	240
Gambar 5.2	Persentase hierarki variabel.....	244
Gambar 5.3	Analisa penataan blok massa.....	249
Gambar 5.4	Analisa jarak antar bangunan blok massa selatan baris barat	251
Gambar 5.5	Analisa jarak antar bangunan blok massa selatan baris tengah....	252
Gambar 5.6	Analisa jarak antar bangunan blok massa selatan baris timur.....	253
Gambar 5.7	Analisa jarak antar bangunan blok massa utara	254
Gambar 5.8	Analisa jarak antar bangunan blok massa barat	255
Gambar 5.9	Analisa bukaan saling berhadapan blok massa barat	255
Gambar 5.10	Analisa jarak dengan sumber air alami	256
Gambar 5.11	Analisa jarak radius hydrant.....	258
Gambar 5.12	Analisa kondisi <i>hydrant</i>	258
Gambar 5.13	Analisa ketersediaan ruang terbuka blok massa selatan.....	261
Gambar 5.14	Analisa ketersediaan ruang terbuka blok massa utara.....	262
Gambar 5.15	Analisa ketersediaan ruang terbuka blok massa barat.....	263
Gambar 5.16	Analisa keberadaan benda mudah terbakar blok massa selatan...	264
Gambar 5.17	Analisa keberadaan benda mudah terbakar blok massa utara	266
Gambar 5.18	Analisa keberadaan benda mudah terbakar blok massa barat	267
Gambar 5.19	Analisa keberadaan pos pemadam kebakaran terdekat	271
Gambar 5.20	Analisa kondisi jalan menuju <i>site</i> dari pos pemadam Ambarita ..	273
Gambar 5.21	Analisa kondisi jalan menuju <i>site</i> dari pos pemadam Pangururan	274
Gambar 5.22	Analisa kondisi jalan menuju <i>site</i> dari pos pemadam Rianniate..	275
Gambar 5.23	Analisa kondisi jalan menuju <i>site</i> dari pos pemadam Nainggolan	275
Gambar 5.24	Analisa keberadaan <i>obstacle</i>	277
Gambar 5.25	Analisa keberadaan <i>obstacle</i> 1 (Portal).....	278
Gambar 5.26	Analisa keberadaan <i>obstacle</i> 2 (<i>Bollard</i>)	278

Gambar 5.27	Analisa keberadaan <i>obstacle</i> 2 (<i>Bollard</i>)	279
Gambar 5.28	Analisa keberadaan <i>obstacle</i> 4 (<i>Bollard</i>)	280
Gambar 5.29	Analisa manufer kendaraan pemadam di dalam <i>site</i>	281
Gambar 5.30	Analisa integritas struktur kolom dan balok	284
Gambar 5.31	Analisa integritas struktur balok dan rangka atap	285
Gambar 5.32	Analisa stabilitas struktur	286
Gambar 5.33	Analisa konduktivitas struktur bangunan blok massa selatan baris barat	289
Gambar 5.34	Analisa konduktivitas struktur bangunan massa balok selatan baris tengah	290
Gambar 5.35	Analisa konduktivitas struktur bangunan blok massa selatan baris timur	291
Gambar 5.36	Analisa konduktivitas struktur bangunan blok massa utara	292
Gambar 5.37	Analisa konduktivitas struktur bangunan blok massa barat	293
Gambar 5.38	Analisa flamabilitas material bangunan massa blok selatan baris barat	297
Gambar 5.39	Analisa flamabilitas material lantai bangunan massa blok selatan baris barat	298
Gambar 5.40	Analisa flamabilitas material lantai dapur bangunan massa blok selatan baris barat	299
Gambar 5.41	Analisa flamabilitas material bangunan massa blok selatan baris tengah	300
Gambar 5.42	Analisa flamabilitas material bangunan massa blok selatan baris timur	301
Gambar 5.43	Analisa flamabilitas material bangunan massa blok utara	302
Gambar 5.44	Analisa flamabilitas material bangunan massa blok barat	303
Gambar 5.45	Analisa flamabilitas material lantai bangunan massa blok selatan baris barat	304
Gambar 5.46	Analisa perambatan material dinding.....	305
Gambar 5.47	Analisa perambatan material lantai	306
Gambar 5.48	Analisa perambatan material atap	307
Gambar 5.49	Analisa instalasi listrik	313

Gambar 5.50	Analisa susunan ruang sampel rumah 1	315
Gambar 5.51	Analisa susunan ruang sampel rumah 2	316
Gambar 5.52	Analisa susunan ruang sampel rumah 3	317
Gambar 5.53	Grafik capaian keandalan sppk Kampung Ulos Hutaraja- Pardamean	324
Gambar 5.54	Persentase hierarki optimalisasi	328
Gambar 5.55	Reservoir air	331
Gambar 5.56	Material perkerasan	332
Gambar 5.57	Ilustrasi uji bakar kayu dengan coating anti api (kiri) dan kayu tanpa coating anti api)	341
Gambar 5.58	Ilustrasi penggunaan pipa conduit.....	343
Gambar 5.59	Kriteria sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba berdasarkan kajian literatur	348
Gambar 5.60	Kriteria sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba	349

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sistem proteksi pasif kebakaran	26
Tabel 2.2	Desain <i>site</i> pada sistem proteksi pasif.....	35
Tabel 2.3	Jarak antar bangunan.....	47
Tabel 2.4	Aksesibilitas pada sistem proteksi pasif.....	65
Tabel 2.5	Komponen struktur pada sistem proteksi pasif	82
Tabel 2.6	Komponen material pada sistem proteksi pasif	95
Tabel 2.7	Komponen tata ruang pada sistem proteksi pasif.....	109
Tabel 3.1	Variabel, indikator, parameter	136
Tabel 3.2	Kriteria penentuan narasumber	141
Tabel 3.3	Metode pengumpulan data	143
Tabel 3.4	Daftar observasi di lapangan.....	152
Tabel 3.5	Jumlah narasumber yang dibutuhkan.....	162
Tabel 3.6	Daftar pertanyaan pada narasumber.....	164
Tabel 3.7	Penilaian kualitas	174
Tabel 3.8	Metode analisa data.....	180
Tabel 3.9	Skala perbandingan nilai intensitas kepentingan	183
Tabel 3.10	Daftar indeks random konsisten (Ir)	188
Tabel 5.1	Perbandingan nilai intensitas kepentingan variabel sistem proteksi pasif kebakaran Permukiman Tradisional Batak Toba	242
Tabel 5.2	Matriks perbandingan kriteria.....	242
Tabel 5.3	Pengujian konsistensi hierarki	243
Tabel 5.4	Persentase hierarki variabel	244
Tabel 5.5	Hierarki prioritas variabel dan indikator sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja	245
Tabel 5.6	Hierarki prioritas indikator dan parameter sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja	246
Tabel 5.7	Hierarki prioritas variabel, indikator, dan parameter sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja	247

Tabel 5.8	Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel desain <i>site</i>	268
Tabel 5.9	Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel aksesibilitas.....	282
Tabel 5.10	Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel struktur.....	294
Tabel 5.11	Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel material	311
Tabel 5.12	Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel tata ruang	318
Tabel 5.13	Akumulasi nilai kualitas proteksi pasif pada bangunan rumah tradisional di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.....	320
Tabel 5.14	Persentase capaian keandalan variabel, indikator, dan parameter ..	323
Tabel 5.15	Hierarki prioritas optimalisasi	326
Tabel 5.16	Hierarki prioritas optimalisasi variabel desain <i>site</i>	329
Tabel 5.17	Hierarki prioritas optimalisasi variabel aksesibilitas	333
Tabel 5.18	Hierarki prioritas optimalisasi variabel struktur bangunan.....	336
Tabel 5.19	Hierarki prioritas optimalisasi variabel material bangunan	339
Tabel 5.20	Hierarki prioritas optimalisasi variabel tata ruang.....	342

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di antara berbagai jenis bencana, kebakaran merupakan ancaman yang signifikan terhadap kehidupan dan harta benda di daerah perkotaan maupun pedesaan (Xin & Huang, 2013). Kebakaran biasanya dianggap sebagai faktor penyebab terjadinya penyebaran api, sehingga dapat merusak bagian sekitarnya yang terkena dampak dari bahaya kebakaran tersebut, dan pada umumnya erat kaitannya dengan lingkungan, struktur bangunan, konten bangunan, serta aktivitas manusia (Yuan dkk., 2018). Oleh karena itu, ketika terjadi kebakaran, ada 4 unsur berbahaya yang harus diperhatikan terkait dengan bahaya kebakaran diantaranya yaitu bangunan (manusia), isi bangunan (properti), struktur bangunan, dan bangunan yang bersebelahan. Tiga item pertama berkaitan dengan risiko kebakaran pada bangunan yang terbakar dan item terakhir adalah penilaian terhadap bangunan lain dan lingkungan masyarakat secara umum (Hesna dkk., 2009).

Berdasarkan lokasinya, kebakaran dibagi menjadi 4 (empat) yaitu kebakaran perumahan rakyat, kebakaran industri, kebakaran lalu lintas dan kebakaran hutan. Sedangkan terjadinya peristiwa kebakaran merupakan akibat dari adanya reaksi segitiga api/*fire triangle* yaitu reaksi dari bahan yang mudah terbakar/fuel oksigen dan panas/*heat* (Sukmo dkk., 2016). Sementara pada umumnya kebakaran disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu aktivitas manusia itu sendiri yang berhubungan dengan korsleting listrik, putung rokok, pembakaran sampah,

tabung gas yang meledak (Setiyo, 2014). Begitu pula dengan Huang dkk. (2009) dan Sagala dkk. (2013) yang menyatakan bahwa kebakaran di kawasan pemukiman biasanya disebabkan oleh kecerobohan dalam melakukan aktivitas seperti merokok, memasak, menggunakan alat elektronik, bermain dengan sumber api, kebocoran gas, dan sebagainya. Namun kejadian kebakaran pada bangunan yang paling sering terjadi disebabkan oleh adanya faktor korsleting listrik (Lestari, 2019), ditambah lagi dengan bahan bangunan yang berasal dari kayu juga menjadi faktor tersendiri pada peristiwa kebakaran tersebut (Anwar dkk., 2021).

Salah satu tempat yang berisiko terhadap kebakaran dan ledakan adalah rumah. Oleh karena itu, diperlukan pengetahuan tentang bahaya kebakaran dan cara penanggulangannya (Muliawan & Sari, 2023). Terlebih lagi dengan bangunan-bangunan warisan budaya memberikan tantangan unik terhadap keselamatan kebakaran, karena selain pertimbangan-pertimbangan umum (seperti keselamatan jiwa dan ketahanan operasional), konservasi bangunan warisan itu sendiri juga sangat penting (Chorlton & Gales, 2020). Adapun bangunan warisan budaya tersebut diantaranya yaitu permukiman tradisional yang mencerminkan semangat masa lalu dan harus dilestarikan untuk mentransfer warisan budaya peradaban masa lalu kepada generasi mendatang. Jika terjadi kebakaran pada suatu bangunan, apinya dapat menyebar dengan cepat, dan jika api menyebar maka dapat menyebabkan kehancuran pada seluruh permukiman tradisional, termasuk kehidupan di dalamnya yang tidak dapat dihindari (Durak dkk., 2011).

Masalah khusus permukiman tradisional bersejarah dalam konteks kebakaran, adalah konstruksi dan bentuk bangunan dengan fitur-fitur yang mendukung

perkembangan pesat penyebaran api, seperti, struktur lantai dan dinding dari bahan yang mudah terbakar seperti kayu, atau secara eksternal dengan atap sirap atau ilalang (Kidd,1995), salah satu contohnya adalah bangunan rumah tradisional Batak Toba yang pada umumnya dibangun dengan material yang ada di alam, merespons dan menyesuaikan diri dengan apapun yang tersedia secara alami, dan arsitektur menjadi prosedur yang diterima untuk penataan penyesuaian dengan masalah lokal dan adat istiadat sosial (Hanan & Meisyara, 2017). Terlebih lagi penggunaan material kayu tersebut juga banyak terdapat pada arsitektur tradisional Indonesia (khususnya terlihat pada rumah Batak Toba) menjadi salah satu aspek yang menarik, dimana tatanan tersembunyi dari orientasi elemen tertentu dari kayu seperti tiang, balok, papan pinggir, dan sejenisnya dengan mengikuti aturan tertentu yang memperhatikan arah pertumbuhan kayu di pohon hidup (Domenig, 2008).

Sebagai bahan bangunan alami, kayu yang dieksploitasi pada bangunan tradisional Batak Toba ini, merupakan material yang memiliki potensi mudah terbakar (Salazar dkk., 2021), karena sifat alami kayu yang 50% karbon dan 6% karbon, 6% hidrogen, dan 44% oksigen (Lowden & Hull, 2013). Dalam kondisi udara dan api yang cukup, unsur kimia ini mudah terurai menjadi komponen gas yang mudah terbakar seperti CO, CO₂, H₂ dan CH₄. Sifat kayu yang mudah terbakar merupakan salah satu faktor penting yang dapat menjadi masalah yang besar pada bangunan tradisional, selain relatif mudahnya penyalaan struktur berbasis kayu yang berada di luar bangunan, seperti fasad, ornamen, pagar dan lain-lain pada serangan api kebakaran (Buchanan & Abu, 2017; Östman, 2017).

Selain itu konstruksi bangunan rumah tradisional Batak juga menggunakan kayu dengan tingkat kandungan air rendah, karena lebih mampu menahan perubahan cuaca dan tidak rentan terhadap pemuaian dan penyusutan. Kayu dengan spesifikasi seperti ini dipergunakan pada sebagian besar elemen konstruksi, seperti pintu, jendela, kusen, papan lantai, dan konstruksi atap. Berdasarkan penelitian material kayu kering sangat mudah terbakar jika terpapar dengan api (Thomas dkk., 2020). Karena konstruksi berbasis kayu sendiri merupakan elemen yang dapat berkontribusi secara signifikan terhadap pertumbuhan api, dan secara bersamaan menghasilkan peningkatan pembakaran terhadap keracunan yang timbul dari peningkatan produksi karbon monoksida (Buchanan, 2000; Lowden & Hull, 2013; Buchanan & Abu, 2017; Östman, 2017; Thomas dkk., 2020).

Maka dari itu, Du dkk. (2017) menyatakan bahwa beberapa masalah kebakaran yang dihadapi desa cagar budaya diantaranya karena rendahnya ketahanan api pada bangunan kayu dengan tanpa kompartemenisasi, tradisi pemanfaatan kayu bakar, sistem elektrikal yang sudah tua, sumber daya air yang kurang, infrastruktur yang belum berkembang seperti sistem air pemadam kebakaran, fasilitas pemadam kebakaran yang tidak memadai, dan lain-lain. Bangunan bersejarah seringkali rentan terhadap kebakaran juga karena sistem proteksi kebakaran mungkin mencerminkan teknologi yang digunakan pada saat konstruksi. Pembakaran dan kebakaran yang tidak disengaja merupakan penyebab utama keprihatinan terhadap bangunan-bangunan bersejarah, dengan beberapa kerugian yang signifikan pada bangunan-bangunan yang berusia ratusan tahun dan masih bertahan. Maka dari itu, bangunan bersejarah sering kali mendapat dukungan besar dari masyarakat untuk

pelestariannya dan menjaganya agar aman dari kebakaran adalah bagian penting dari upaya ini (Chorlton & Gales, 2020).

Dalam pelestarian situs bersejarah dan bangunan tradisional di dalamnya, tujuan keseluruhan pencegahan kebakaran adalah untuk melestarikan warisan tersebut baik dari efek negatif kebakaran maupun dari pelaksanaan tindakan pencegahan kebakaran yang merusak orisinalitas struktur. Pada situs bersejarah dengan risiko bahaya kebakaran yang tinggi, perlu disediakan strategi untuk menghindari kebakaran agar tidak merebak dan menyebar. Kerja sama antara anggota masyarakat setempat yang merupakan penduduk asli dan pemerintah daerah merupakan suatu keharusan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat setempat tentang masalah ini (Durak dkk., 2011).

Upaya protektif menjadi sangat dibutuhkan untuk mendukung upaya perlindungan pusaka cagar budaya, mengingat cagar budaya yang rentan rusak dan perlunya mengutamakan kepentingan masyarakat setempat sehingga warga di sekitar (Prasetyo, 2018). Dalam melindungi bangunan cagar budaya seperti bangunan rumah tradisional, Enscape Consult (2006) menekankan bahwa tantangan dalam melindungi struktur pusaka adalah untuk mempertahankan struktur bersejarahnyanya sambil memberikan tingkat keamanan yang wajar bagi penghuni dan isinya. Untuk menghindari kerusakan karakter bersejarah bangunan, arsitek harus memiliki pendekatan kepekaan dan kecerdikan untuk memberikan tindakan pencegahan dan perlindungan kebakaran yang tidak merusak struktur bangunan bersejarah (Salleh & Ahmad, 2009). Dalam kasus ini, kebutuhan untuk melestarikan keaslian bangunan bersejarah biasanya mengarah pada solusi

keselamatan kebakaran yang mahal, karena penerapan sistem proteksi kebakaran menggunakan teknologi dan material terkini (Okubo, 2018).

Berdasarkan hasil statistik pada sepuluh tahun terakhir (Lampiran 1), telah terjadi tidak kurang dari 65 peristiwa kebakaran pada kawasan permukiman tradisional yang ada di Indonesia. Diantarannya terdapat 3 rumah tradisional di Sumatera Utara yang mengalami peristiwa kebakaran, yaitu rumah tradisional Batak Toba, rumah tradisional Simalungun, dan rumah tradisional Karo. Dari data yang diperoleh, diantara rumah tradisional lainnya yang ada di Sumatera Utara, rumah tradisional Batak Toba menjadi yang paling sering mengalami peristiwa kebakaran, yaitu sebanyak 13 peristiwa dalam kurun waktu 10 tahun, dibandingkan dengan rumah tradisional simalungun yang mengalami 1 peristiwa kebakaran dan rumah tradisional karo yang mengalami 3 peristiwa kebakaran. Salah satu contoh peristiwa kebakaran Permukiman Tradisional Batak Toba yang pernah terjadi adalah kebakaran di Huta Lumban Binanga, Desa Jangga Dolok, Kecamatan Lumban Julu, Kabupaten Toba Samosir, 1 Januari 2016 (Lampiran 2). Peristiwa terbaru terjadinya kebakaran rumah tradisional Batak Toba adalah pada tanggal 20 September 2019 pada dini hari.

Secara khusus, risiko kebakaran adalah kemungkinan hasil yang tidak diinginkan dalam situasi yang tidak pasti, di mana kebakaran adalah bahaya yang dapat menyebabkan kerugian atau bahaya terhadap sesuatu yang berharga (misalnya, kehidupan, properti, kelangsungan bisnis, warisan, lingkungan, atau beberapa kombinasi dari ini). Maka dari itu diperlukan sebuah analisis risiko kebakaran. Tujuan dari analisis risiko kebakaran adalah untuk mendapatkan

wawasan dan mengkarakterisasi risiko terkait kebakaran untuk lebih menginformasikan berbagai keputusan yang harus dibuat sebagai bagian dari desain, konstruksi, dan operasi bangunan (Meacham dkk., 2016).

Dari adanya peristiwa kebakaran tersebut, sistem perlindungan pada bangunan menjadi sangat diperlukan dan wajib disediakan, terutama pada bangunan milik fasilitas umum dan/atau bangunan yang banyak menimbulkan kerumunan. Secara umum, ada dua sistem proteksi kebakaran yaitu sistem proteksi aktif dan sistem proteksi pasif. Pada dasarnya dalam pemadaman kebakaran, prioritas diberikan pada proteksi pasif terlebih dahulu baru kemudian proteksi aktif dalam penganggulangan api . Kedua sistem ini akan bekerja sama ketika terjadi kebakaran (Rahman, 2003).

Menanggapi hal tersebut, maka perlunya dilakukan studi secara komprehensif mengenai sistem proteksi pasif pada permukiman tradisional dan keandalan sistem proteksi pasif yang ada pada permukiman tradisional, khususnya Permukiman Tradisional Batak Toba yang ada di Kampung Hutaraja, Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samosir, terpilihnya permukiman tradisional tersebut karena masih banyaknya rumah tradisional Batak Toba atau Rumah Gorga yang masih terjaga keasliannya (Kementrian PUPR, 2020), sehingga resiko kebakaran masih dapat dikurangi. Hal ini menjadi salah satu upaya dalam menanggulangi salah satu ancaman utama dari eksistensi Permukiman Tradisional Batak Toba , yaitu kebakaran.

1.2 Rumusan Masalah

Kebakaran merupakan suatu jenis bencana yang memerlukan perawatan dan tindakan pencegahan khusus untuk meminimalkan atau bahkan menghilangkan kemungkinan terjadinya kebakaran. Salah satu caranya adalah melalui manajemen risiko yang penting bagi kelangsungan bisnis atau operasional jika terjadi bencana seperti kebakaran (Kuntoro, 2017). Hal ini terutama berlaku untuk kebakaran di pemukiman tradisional dan kawasan wisata. Sebab, hal ini selain merugikan masyarakat, juga secara tidak langsung berdampak pada penerimaan negara dari sektor pariwisata.

Upaya tindak lanjut diperlukan untuk mempertahankan / memproteksi bangunan lainnya yang masih tersisa dan untuk menghindari kerusakan karakter bersejarah bangunan tersebut, arsitek harus memiliki pendekatan kepekaan dan kecerdikan untuk memberikan tindakan pencegahan dan perlindungan kebakaran yang tidak merusak struktur bangunan bersejarah (Salleh & Ahmad, 2009).

Kajian tentang proteksi pasif kebakaran pada bangunan sudah banyak dilakukan. Namun masih jarang ditemui kajian proteksi pasif kebakaran pada permukiman tradisional, dalam kasus ini berfokus pada Permukiman Tradisional Bata Toba. Merujuk uraian latar belakang diatas, rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana keandalan sistem proteksi pasif kebakaran pada kondisi eksisting Permukiman Tradisional Batak Toba ?
2. Bagaimana optimalisasi sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman

Tradisional Batak Toba ?

1.3 Tujuan Penelitian

Pentingnya mengkaji sistem proteksi pasif kebakaran adalah mencegah dampak kerugian yang ditimbulkan, selain pada hangusnya koleksi dan bangunan bersejarah hal tersebut dapat mengakibatkan hilangnya jejak sejarah di Indonesia, situs tersebut merupakan bukti jati diri negara Indonesia yang sudah lama ada (Melati dkk., 2020). Permukiman Tradisional Batak Toba merupakan situs kebudayaan yang penting untuk dilindungi kelestariannya. Maka, tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengevaluasi keandalan Sistem Proteksi Pasif Kebakaran yang telah ada pada Permukiman Tradisional Batak Toba .
2. Mengembangkan rekomendasi optimalisasi Sistem Proteksi Pasif Kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba .

1.4 Manfaat Penelitian

Kebakaran dapat terjadi karena ketidaksiapan masyarakat dalam menghadapi dan mengatasi bahaya kebakaran, rendahnya pemahaman dan kesadaran terhadap bahaya kebakaran, serta sistem penanggulangan kebakaran yang belum terjalin dan terintegrasi, infrastruktur sistem proteksi kebakaran yang belum memadai. Kebakaran menimbulkan kerugian finansial, korban jiwa, kerugian sosial, hilangnya produktivitas dan terganggunya kelangsungan usaha (Ramli, 2010) . Adapun manfaat yang diperoleh dalam penelitian “Sistem Proteksi Pasif Kebakaran

pada Permukiman Tradisional Batak Toba ” adalah :

Secara teoritis dapat memperkaya keilmuan pada bidang perencanaan dan desain sistem proteksi kebakaran pasif terhadap bangunan rumah tradisional, baik Permukiman Tradisional Batak Toba maupun permukiman tradisional lainnya.

1. Secara teoritis dapat memperkaya keilmuan pada bidang perencanaan dan desain sistem proteksi kebakaran pasif terhadap bangunan rumah tradisional, baik Permukiman Tradisional Batak Toba maupun permukiman tradisional lainnya.
2. Manfaat praktis nya yaitu membangun kesadaran dan pemahaman publik akan pentingnya perencanaan sistem proteksi kebakaran pasif dalam pengembangan desain pada permukiman tradisional. Hasil penelitian dapat memberikan sumbangan dalam praktik upaya melindungi kelestarian bangunan-bangunan tradisional.
3. Membantu menentukan perencanaan yang dapat menyelesaikan suatu masalah pengembangan sistem proteksi kebakaran pada kawasan wisata.
4. Menjalin kerjasama antar peneliti tentang keandalan sistem proteksi kebakaran pada pada permukiman tradisional
5. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan mampu menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi para peneliti sendiri dan peneliti lain mengenai keandalan sistem proteksi kebakaran pada permukiman tradisional.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini merujuk pada Sistem Proteksi Pasif Kebakaran (SPPK) pada bangunan dan permukiman tradisional. Penelitian dilakukan untuk menemukan permasalahan dari performa bangunan dan permukiman tradisional terhadap bahaya kebakaran. Selanjutnya dengan berbasis latar belakang bidang keilmuan arsitektur, diupayakan solusi optimal sistem proteksi pasif kebakaran yang aplikabel dan dapat diterapkan pada objek studi. Berdasarkan kajian teori, aspek SPPK memiliki prinsip dasar proteksi bangunan ataupun bagiannya dari kebakaran, melalui material bangunan yang terproteksi, keamanan dan kelancaran evakuasi, serta kemudahan proses penyelamatan.

Penelitian ini berupaya untuk mengkaji semua aspek-aspek SPPK yang dapat diterapkan pada objek penelitian permukiman tradisional. Sebagaimana diketahui, beberapa aspek tidak dapat kompatibel penerapannya pada objek bangunan dan permukiman tradisional, misalnya kompartemenisasi atau pemisahan dan atau proteksi ruang untuk perlindungan penghuni dari bahaya saat evakuasi kebakaran. Begitu juga dengan aspek perencanaan jalur evakuasi, yang tidak tepat untuk diaplikasikan, mengingat skala bangunan yang relatif kecil, dan tujuan proteksi kebakaran pada kasus ini, berorientasi pada “menyelamatkan properti” daripada “*life safety*”. Hal tersebut dikarenakan permukiman tradisional etnis Batak di Provinsi Sumatera Utara merupakan warisan budaya yang masih memiliki peninggalan kebudayaan yang kaya akan nilai – nilai arsitektur yang perlu dilestarikan (Iswanto, 2008; Siregar, 2011).

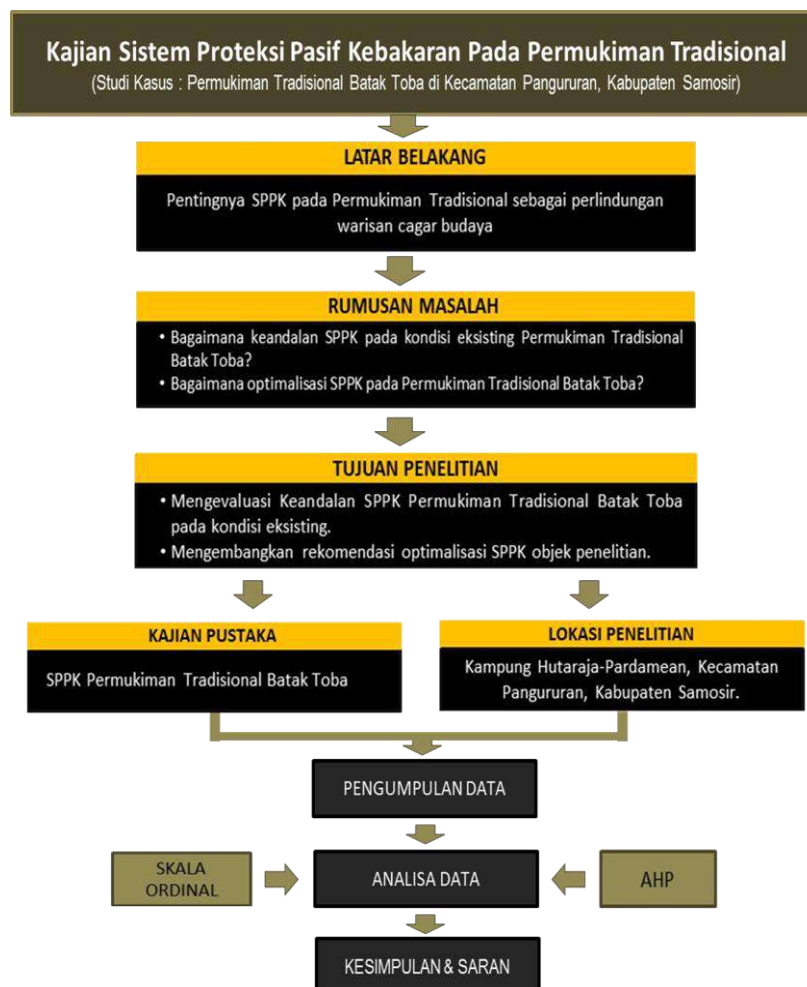
Adapun batasan terkait arsitektur tradisional menurut para ahli yang tertarik untuk memenuhi kebutuhan perumahan manusia dan lingkungan sosial di sekitar permukimannya. Dari berbagai sudut pandang mengenai arsitektur secara umum, dapat disimpulkan bahwa arsitektur tradisional adalah suatu bangunan yang bentuk, tipologi, struktur, fungsi ragam hias dan cara penerapannya diwariskan secara turun temurun dan dapat dimanfaatkan sebagai ruang untuk melaksanakan segala aktivitas sehari-hari di sekitar permukimannya (Rostiyati, 2013).

Seiring berjalannya waktu, masyarakat Batak Toba sudah jarang membangun rumah dengan gaya arsitektur Batak. Banyak orang membangun rumah dengan gaya modern, baik dari segi arsitektur rumahnya maupun ornamen yang digunakan. Faktor yang menyebabkan berkurangnya masyarakat Batak Toba membangun rumah arsitektur rumah Batak Toba adalah biaya pembangunan yang lebih mahal, tingkat/kebutuhan fungsi yang berbeda-beda, dan pengaruh arsitektur modern yang sederhana dan lebih cepat dalam proses pembangunan dan pencarian bahan (Siburian, 2022).

Permukiman Tradisional Batak Toba yang dipilih sebagai studi kasus riset ini, adalah Kampung Hutaraja di Kecamatan Pangururan. Karena desain bangunan tradisional, penghuni dan aktifitas kegiatan masyarakat Batak Toba relatif homogen, dasar pemilihannya sebagai objek studi, lebih didasarkan kepada keaslian wujud bentuk arsitektur bangunan dan lingkungannya serta jumlah kuantitas bangunan rumah tradisionalnya di permukiman tersebut.

1.6 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini digerakkan dari peristiwa terbakarnya bangunan adat Batak Jangga Dolok di Huta Lumban Binanga. Selanjutnya, penelitian ini dimulai dari hasil kajian literatur yang menyatakan keandalan sistem perlindungan kebakaran pasif menunjukkan keandalan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem perlindungan kebakaran aktif (Suprpto, 2007; Yung, 2008; Salazar dkk., 2021). Berikut adalah kerangka pemikiran yang digunakan penulis pada penelitian Sistem Proteksi Pasif Kebakaran (SPPK) pada Permukiman Tradisional Batak Toba (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Kerangka berpikir

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup masalah, metode penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan penelitian ini.

BAB II KAJIAN TEORI

Bab ini menuliskan teori-teori dan studi pustaka yang berkaitan dengan penelitian penulis dan dapat menjadi bahan dasar analisis pada bab selanjutnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menuliskan metode penelitian yang digunakan dalam pengumpulan data dan menganalisis data yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV DESKRIPSI OBJEK PENELITIAN

Bab ini menjelaskan gambaran umum mengenai kawasan atau lokasi yang dijadikan objek dalam penelitian ini.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menuliskan data yang telah diambil dari lapangan kemudian mengkaitkannya dengan teori kemudian hasil dari observasi tersebut akan di angkat menjadi hasil analisa dan pembahasan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penulis terhadap masalah yang dibahas dalam penelitian ini.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Sistem Proteksi Kebakaran

Kebakaran merupakan ancaman yang dapat menimbulkan dampak negatif dan kerugian terhadap manusia dan lingkungan. Kebakaran pada bangunan biasanya disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya dikarenakan pemilik bangunan itu sendiri. Kerugian dari kebakaran juga bukan hanya tentang properti, melainkan tentang hilangnya nyawa orang-orang. Oleh karena itu, kebakaran tidak bisa dianggap sebagai masalah yang mudah. Untuk menghindari terjadinya kebakaran, diperlukan upaya pencegahan kebakaran melalui sistem proteksi kebakaran (Rahman & Oktaviani, 2018).

Sistem proteksi kebakaran pada bangunan dan lingkungan adalah suatu sistem yang meliputi peralatan, kelengkapan, dan sarana baik yang terpasang maupun yang terbangun di dalam bangunan yang digunakan sebagai sistem proteksi aktif, sistem proteksi pasif dan cara pengendalian dengan upaya untuk melindungi bangunan dan lingkungannya dari hal yang dapat merugikan akibat adanya bahaya kebakaran tersebut. Adapun sistem proteksi kebakaran pada bangunan dan lingkungan meliputi proses perencanaan teknis dan pelaksanaan konstruksi serta kegiatan penggunaan, pemeliharaan dan pembongkaran sistem pemadaman kebakaran (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Ketiadaan infrastruktur proteksi kebakaran juga dapat dinilai berdasarkan ketersediaan air dari sumber alami atau buatan, kondisi jalan lingkungan untuk

akses mobil pemadam kebakaran, ketersediaan perangkat komunikasi untuk melaporkan kebakaran dan ketersediaan akses data sistem proteksi kebakaran lingkungan (Putri & Ridlo, 2023).

Selain itu, proteksi kebakaran juga merupakan bagian integral dari lingkungan binaan. Dengan demikian, harus selalu direkayasa bersamaan dengan desain bangunan secara keseluruhan (Lataille, 2003). Adapun tujuan penggunaan sistem proteksi kebakaran yaitu selain untuk menjaga suhu komponen bangunan di bawah suhu kritis selama kebakaran, proteksi kebakaran juga dimaksudkan untuk menahan api di kompartemen api asal untuk jangka waktu terbatas (Mróz dkk., 2016). Sementara itu, dalam proses pengelolaannya dilakukan upaya untuk mencegah terjadinya kebakaran atau meluasnya api pada ruangan atau lantai suatu bangunan ke bangunan lainnya dapat dilakukan dengan cara menghilangkan atau meminimalkan bahaya kebakaran. Selain itu juga dapat melakukan pengaturan pada ruang-ruang yang dapat menimbulkan kemungkinan terjadinya kebakaran dan yang terakhir untuk mencegah terjadinya kebakaran, pada bangunan dapat dilakukan dengan menyediakan sistem proteksi baik pasif maupun aktif (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Adapula beberapa sistem proteksi kebakaran yang dipasang di bangunan perumahan untuk mengendalikan pertumbuhan api dan penyebaran asap, seperti pemanasan dan sistem pendingin udara, sistem pembuangan asap mekanis, dan sistem penyemprot. Ada beberapa tindakan proteksi kebakaran untuk memudahkan penghuni dalam merespon seperti perencanaan evakuasi, pelatihan dan latihan, dan pengungsian area. Langkah-langkah ini dapat membantu meminimalkan waktu

evakuasi dan mendorong penghuni untuk bergerak lebih cepat, termasuk penyandang disabilitas (Xin & Huang, 2013). Persyaratan teknis sistem proteksi kebakaran pada gedung dan lingkungan meliputi akses dan pasokan air untuk pemadam kebakaran, peralatan penyelamatan, sistem proteksi kebakaran aktif dan pasif serta dipantau dan dikendalikan sesuai peraturan yang berlaku (Nurmayadi & Huseiny, 2018).

Sedangkan dalam melaksanakan pencegahan dan pemadaman kebakaran, tentunya peraturan atau perencanaan harus terus dicantumkan di sepanjang proses konstruksi. Proses konstruksi yang diuraikan di atas dimulai dengan tahap perencanaan, perancangan, konstruksi, pengoperasian, perbaikan dan pemeliharaan. Landasan keselamatan kebakaran pada bangunan didasarkan pada kenyataan bahwa kebakaran pada hakikatnya berbahaya, baik menimbulkan kerusakan fisik maupun keselamatan jiwa manusia. Selain itu, ada dua sistem proteksi kebakaran yang dapat diterapkan pada bangunan untuk memadamkan kebakaran; sistem proteksi kebakaran aktif dan sistem proteksi kebakaran pasif (Rahman, 2003).

Sistem proteksi kebakaran aktif adalah sistem proteksi kebakaran yang mencakup sistem pendeteksi kebakaran manual dan otomatis, sistem pemadam kebakaran air seperti sprinkler (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008). Sistem proteksi kebakaran aktif diperlukan untuk mendeteksi kebakaran dan memberikan peringatan dini, mengendalikan, menekan atau memadamkan api, mengoperasikan sistem manajemen asap untuk memberikan visibilitas dan kondisi yang lebih dapat dipertahankan dan mengoperasikan sistem darurat lainnya, seperti penerangan

darurat dan generator siaga (Chow, 2005).

Sistem proteksi aktif juga merupakan kemampuan peralatan untuk mendeteksi dan memadamkan api, mengendalikan asap, dan menggunakan peralatan pemadam kebakaran seperti hidran kebakaran, sistem sprinkler, dan alat pemadam ringan (PAR) (Hesna dkk., 2009). Adapun proteksi kebakaran aktif mencakup deteksi kebakaran otomatis dan sistem pencegah kebakaran sementara tujuan utama proteksi kebakaran pasif adalah untuk mencoba menahan api atau memperlambat penyebarannya (Mróz dkk., 2016).

Sistem proteksi pasif adalah perlindungan terhadap kestabilan struktur dan elemen-elemennya, struktur tahan api, kompartemenisasi dan pemisahan, serta bukaan yang ada untuk proteksi dan pembatasan kecepatan penyebaran api dan asap kebakaran (Hesna dkk., 2009). Tindakan pasif dapat memberikan proteksi kebakaran yang efektif pada elemen konstruksi bangunan. Ditargetkan untuk membatasi api di dalam tempat asalnya tanpa memengaruhi daerah sekitarnya. Tingkat penyebaran harus diperlambat melalui kompartementasi dan koridor, lobi, dan tangga yang dilindungi. Struktur bangunan harus mampu menahan api selama beberapa waktu agar penghuni dapat melakukan evakuasi (Chow, 2005).

Pada prinsipnya dalam pencegahan dan pemadaman kebakaran, sistem proteksi pasif mendapat prioritas yang utama sebelum sistem proteksi aktif dalam pemadaman kebakaran (Rahman, 2003). Selain itu, sistem proteksi pasif memiliki efisiensi dan daya tahan tinggi serta pemeriksaan dan pemeliharaan minimum. Dalam industri konstruksi, sistem proteksi pasif banyak digunakan sebagai salah satu cara paling praktis untuk meningkatkan ketahanan api pada struktur (Kim dkk.,

2018). Proteksi kebakaran pasif biasanya lebih disukai daripada sistem aktif karena keselamatan bawaan yang diberikannya tanpa intervensi tambahan melalui cara manual atau sistem deteksi dan kontrol yang mungkin tidak berfungsi atau terganggu akibat insiden tersebut. Tindakan pasif utama mencakup jarak dan pemasangan penghalang pelindung, pembatasan sumber bahan bakar, dan pemanfaatan proses yang tidak terlalu berbahaya (Nolan, 2017).

Berdasarkan teori-teori yang terkait dengan proteksi kebakaran, dapat disimpulkan bahwa pada umumnya sistem proteksi tersebut dibagi menjadi dua diantaranya yaitu sistem proteksi aktif dan juga pasif. Akan tetapi pada prinsipnya pencegahan kebakaran lebih diutamakan pada sistem proteksi pasif terlebih dahulu baru kemudian melakukan sistem proteksi aktif untuk menanggulangi kebakaran. Selain itu, proteksi kebakaran pasif biasanya lebih disukai daripada sistem aktif dikarenakan keselamatan bawaan yang diberikan tanpa intervensi tambahan melalui cara manual atau sistem deteksi dan kontrol yang mungkin tidak berfungsi atau terganggu akibat insiden tersebut.

2.2 Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Pada Permukiman Tradisional

Sistem proteksi pasif adalah sistem proteksi kebakaran yang diterapkan untuk melindungi penghuni dan benda-benda pada suatu bangunan dari kerusakan fisik jika terjadi kebakaran dengan cara mengatur bagian-bagian bangunan mengenai aspek arsitektur dan struktur (Sari dkk., 2023). Sistem pasif ini juga mencakup permasalahan terkait dengan desain *site* (Sukawi dkk., 2016). Dalam sistem proteksi pasif, desain *site* menjadi salah satu bagian dari kelengkapan *site* sekaligus menjadi salah satu faktor penting yang dapat dinilai pada keandalan sistem

keselamatan pasif tersebut (Adiwidjaja, 2012). Maka dari itu, melalui desain *site* dan bangunan, perancang dapat memasukkan fitur keselamatan kebakaran ke dalam bangunan dengan jauh lebih baik dan lebih ekonomis (Anderberg, 2011).

Selain perencanaan yang berkaitan dengan desain *site*, perencanaan tata ruang bangunan juga merupakan salah satu aspek sistem proteksi pasif yang sangat menentukan persyaratan keselamatan kebakaran, sehingga pekerjaan rekayasa proteksi kebakaran harus dimulai sejak awal pada tahap desain bangunan dikerjakan (Anderberg, 2011; Suprpto, 2007), adapun dimensi serta konfigurasi dari tata ruang bangunan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008) meliputi bagaimana bentuk, ukuran, kompartemenisasi ruang-ruang bangunan sangat berpengaruh terhadap berkembangnya api dan sebaran asap pada bangunan saat terbakar (Yung, 2008). Dengan pola tata ruang bangunan yang baik, bukan hanya dapat berpengaruh terhadap bagaimana api dan asap dalam bangunan saat terbakar, namun juga memudahkan proses evakuasi (Suprpto, 2007; Yuan dkk., 2018).

Sistem proteksi pasif lainnya juga membahas terkait dengan persyaratan aksesibilitas ke bangunan (Suprpto, 2007), dan dari penilaian risiko terhadap kebakaran, salah satu faktor pentingnya yaitu aksesibilitas bangunan (Salazar dkk., 2021). Oleh karena itu, setiap bangunan harus memiliki atau menyediakan akses yang bebas dari hambatan, seperti jalan lingkungan dengan lebar dan ruang yang cukup agar mobil pemadam kebakaran dapat beroperasi. Mobil pemadam kebakaran harus dapat dengan mudah berbelok sehingga perlu diperhatikan hubungan antara lebar jalan dengan radius belokan jalan (Wahyudi dkk., 2013).

Terlebih lagi dengan sebuah permukiman warisan, melindungi permukiman warisan berskala besar dari kerusakan akibat kebakaran menjadi semakin penting di daerah berkembang yang tidak memiliki undang-undang yang memadai, perencanaan darurat, dan khususnya teknik yang efisien. Kondisi jalan-jalan yang sudah lama menghadirkan hambatan aksesibilitas bagi mobil pemadam kebakaran besar, maka diperlukan penilaian darurat yang sistematis untuk mengevaluasi aksesibilitas teknik pemadam kebakaran khusus untuk mengurangi bahaya kebakaran di kota-kota bersejarah dan memeriksa bagaimana integrasi layanan pemadam kebakaran kota dan lokal bekerja (Huang dkk., 2022).

Selain desain *site*, tata ruang dan aksesibilitas, sistem proteksi pasif lainnya juga dapat ditekankan pada pertimbangan sifat material terhadap api (*material fire properties*), persyaratan struktur tahan api, kompartemenisasi dan perlindungan bukaan (pasangan konstruksi tahan api, pintu dan jendela tahan api, bahan pelapis interior) sebagai unsur pembentuk pembatas api (*fire barrier*), serta sistem pembatas atau pengendalian asap untuk pencegahan aliran asap masuk ruangan hunian (*smoke barrier*) (Suprpto, 2007; Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008, Mareta & Hidayat, 2020). Beberapa penilaian juga telah dilakukan terhadap keandalan sistem keselamatan pasif dan diantaranya meliputi ketahanan struktur dan kompartemen (Adiwidjaja, 2012).

Struktur dapat didesain berdasarkan klasifikasi atau perhitungan, jenis konstruksi, material yang digunakan untuk elemen struktur dan tingkat ketahanan api yang diberikan oleh setiap elemen. Sedangkan kompartemen merupakan faktor penting dalam mencegah api menyebar ke ruang yang terlalu besar atau ke seluruh

bangunan), dan selama kebakaran integritas struktural juga berguna untuk menghindari keruntuhan struktural dan kemampuan anggota pemisah untuk mencegah pengapian dan penyebaran api ke ruang yang berdekatan (Anderberg, 2011). Maka dari itu, beban api, ketahanan api dan mudah terbakar dari material yang ada, risiko tambahan akibat asap, kompartementasi (yaitu fitur arsitektur yang mampu menahan api) menjadi faktor penting yang dapat dinilai dan dianalisis pada saat terjadinya kebakaran (Salazar dkk., 2021).

Pada bangunan bersejarah mungkin tidak ditetapkan sebagai kelas tersendiri di sebagian besar peraturan bangunan. Oleh karena itu, terdapat konflik yang tidak terhindarkan antara pelestarian warisan budaya dan ketentuan peraturan bangunan perlindungan kebakaran. Misalnya, tindakan proteksi kebakaran pasif sering kali melibatkan perubahan struktur atau komponen bangunan tidak cocok untuk pelestarian bangunan bersejarah karena nilai warisan dan gaya bangunannya yang istimewa. Selain struktur (stabilitas dan integritas struktur), aksesibilitas oleh dinas pemadam kebakaran juga merupakan faktor penting bagi kelangsungan bangunan cagar budaya (Yuan dkk., 2018).

Bangunan-bangunan bersejarah yang seringkali rentan terhadap kebakaran dikarenakan sistem proteksi kebakaran mungkin mencerminkan teknologi yang digunakan pada saat konstruksi. Bangunan-bangunan tersebut juga seringkali menjadi sasaran proyek renovasi dan konservasi, yang dapat menimbulkan risiko kebakaran tambahan pada bangunan. Terkadang bangunan-bangunan tersebut juga tidak dirawat dengan baik sehingga memicu terjadinya kebakaran. Selain itu material bangunannya yang terbuat dari kayu juga dapat menyebabkan rentan

terhadap resiko kebakaran karena sifatnya yang mudah terbakar, maka diperlukan enkapsulasi untuk membuat bangunan kayu lebih aman dari kebakaran (Corlton & Gales, 2020).

Persyaratan keselamatan kebakaran untuk struktur kayu seringkali lebih berat daripada struktur lain seperti baja dan beton, oleh karena itu sarana tambahan perlindungan kebakaran harus diperhitungkan. Pengendalian asap seperti ventilasi asap merupakan persyaratan wajib, tetapi biaya untuk penyediaan sistem ventilasi mekanis akan sangat berbeda dibandingkan dengan sistem ventilasi alami. Sebagai bagian dari strategi kebakaran, sistem ventilasi asap, baik ventilasi alami maupun mekanis merupakan faktor kunci untuk evakuasi yang aman bagi penghuni bangunan (Dârmon & Suciu, 2018).

Bangunan kayu padat yang memiliki tingkat ketahanan api yang sangat rendah tanpa kompartemen api, tradisi pemanfaatan kayu bakar, sistem kabel listrik, fasilitas pemadam kebakaran yang tidak memadai, dan lain-lain dapat menjadi penyebab rentannya terjadi kebakaran. Sementara peraturan yang berpusat pada strategi kebakaran untuk desa bersejarah di tingkat nasional dan provinsi menyarankan penggunaan bahan yang tidak mudah terbakar atau tahan api saat memperbarui bangunan kayu. Oleh karena itu, penduduk terkadang mengganti lantai pertama bangunan kayu mereka dengan batu bata atau beton untuk mengurangi risiko kebakaran (Du & Okazaki, 2016).

Kerentanan bahaya kebakaran lainnya juga dapat bergantung pada beberapa faktor termasuk jenis material konstruksi bangunan yang digunakan (ketahanan

terhadap api), jumlah lantai, luas lantai, ketinggian lantai, sumber api di dalam bangunan, sumber api di sekitar bangunan, karakteristik layanan pemadam kebakaran (misalnya kedekatannya), dan adanya perencanaan darurat dan pelatihan (Salazar dkk., 2021). Pada dasarnya, sebuah permukiman yang rentan terhadap insiden kebakaran diakibatkan karena tingkat populasinya yang tinggi, konsentrasi penduduk yang padat, aksesibilitas (jalan yang sempit), adanya material bangunan yang mudah terbakar, jumlah lantai, luas lantai, sistem pasokan listrik dan air yang sudah tua, konstruksi bangunan yang tidak direncanakan dan lain-lain . Selain itu, kurangnya kesiapan dan kapasitas mengatasi untuk mengelola bahaya kebakaran, pengetahuan yang terbatas atau tidak sama sekali tentang teknik pemadaman kebakaran dan kurangnya sumber daya adalah beberapa alasan yang dapat meningkatkan tingkat kerentanan masyarakat (Rahman dkk., 2015).

Secara umum, sistem proteksi pasif dapat dianggap sebagai sistem proteksi pada bangunan yang bertujuan untuk mengendalikan api dan kebakaran secara tidak langsung melalui perbaikan sifat-sifat bahan bangunan, struktur bangunan, dan manajemen kebakaran, serta penyediaan peralatan pendukung penyelamatan terhadap risiko kebakaran dan kobaran api. Sistem ini merupakan sistem yang paling umum dan maksimal yang dapat dipasang di kawasan permukiman (Rahman, 2004). Hal pertama yang menjadi bagian dari sistem proteksi pasif ini adalah perencanaan dan desain tapak, aksesibilitas bangunan dan lingkungan sekitar, perencanaan struktur bangunan, material konstruksi dan perencanaan interior bangunan, perencanaan kawasan dan pintu keluar darurat pada bangunan (evakuasi) dan pengelolaan sistem proteksi kebakaran (Rahman, 2004 ; Rahman,

2003).

Sementara itu, penilaian lebih lanjut dapat dilakukan terhadap beberapa poin pemenuhan aspek proteksi pasif terhadap risiko kebakaran, yaitu persyaratan-persyaratan mengenai desain *site* , aksesibilitas (*brandgang*), ruang terbuka hijau (RTH) dan sumber air pemadam (SAP) (Haristianti dkk., 2019). Rekomendasi untuk keselamatan kebakaran dari berbagai jenis aset cagar budaya yang dibangun untuk bangunan bersejarah juga harus mencakup tindakan yang mempertimbangkan karakteristik bangunan yang tidak menguntungkan jika terjadi kebakaran (Salazar dkk., 2021). Melalui sistem proteksi pasif metode pengelolaannya, bangunan dan lingkungannya dapat terlindungi dari adanya bahaya kebakaran (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Karakteristik keselamatan kebakaran lokal juga perlu dipahami terlebih dahulu, seperti atribut demografisnya, pengaturan tempat tinggal penduduk yang sebenarnya dan desain *site* sekitar. Beberapa aksesibilitas di desa bersejarah sebagian besar sempit, karena itu mobil pemadam kebakaran sulit memasuki desa-desa tersebut dan sulit untuk menggunakan mobil pemadam kebakaran sebagai sarana pendukung pemadam kebakaran. Maka dari itu, desain konseptual umum diperlukan sebagai perencanaan keselamatan kebakaran untuk mencegah kebakaran skala besar. Selain itu secara umum, sebagian besar distrik/desa bersejarah sangat rentan terhadap kebakaran karena tata letak struktur kayu yang padat dan kerusakan bangunan ini. Oleh karena itu, perlu dikembangkan strategi penanggulangan kebakaran yang sesuai dengan pelestarian nilai sejarah desa-desa pegunungan bersejarah tersebut (Li dkk., 2021).

Dengan demikian setelah di kumpulkan beberapa pernyataan terkait dengan sistem proteksi pasif kebakaran berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka di dapatkan beberapa aspek-aspek yang nantinya juga akan digunakan sebagai variabel pada penelitian ini . Adapun beberapa aspek-aspek tersebut akan disajikan dalam tabel berikut (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Sistem proteksi pasif kebakaran

No.	Referensi	Aspek	Kesimpulan
1.	(Sari dkk., 2023)	- Struktur	- Desain <i>site</i> - Aksesibilitas - Struktur bangunan - Material bangunan - Tata ruang bangunan
2.	(Suprpto, 2007)	- Desain <i>site</i> - Aksesibilitas - Material bangunan - Tata ruang bangunan - Perlindungan bukaan - Pengendalian asap	
3.	(Sukawi dkk., 2016)	- Desain <i>site</i>	
4.	(Anderberg, 2011)	- Desain bangunan - Desain <i>site</i> - Tata ruang bangunan - Struktur - Material	
5.	(Adiwidjaja, 2012)	- Desain <i>site</i> - Struktur	
6.	(Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008)	- Struktur bangunan - Material bangunan - Perlindungan bukaan - Konstruksi - Tata ruang bangunan - Pengendalian asap	
7.	(Yung, 2008)	- Tata ruang bangunan	
8.	(Yuan dkk., 2018)	- Struktur - Aksesibilitas - Tata ruang bangunan	

No.	Referensi	Aspek	Kesimpulan
9.	(Rahman dkk., 2015)	- Material bangunan - Jumlah lantai bangunan - Luas lantai bangunan - Aksesibilitas - Sistem pasokan listrik dan air	
10.	(Haristianti dkk., 2019)	- Desain <i>site</i> - Aksesibilitas	
11.	(Salazar dkk., 2021)	- Material bangunan - Ketinggian bangunan - Jumlah lantai bangunan - Luas lantai - Aksesibilitas	
12.	(Wahyudi dkk., 2013)	- Aksesibilitas	
13.	(Huang dkk., 2022)	- Aksesibilitas	
14.	(Mareta & Hidayat, 2020)	- Struktur bangunan - Perlindungan bukaan	
15.	(Li dkk., 2021)	- Desain <i>site</i> - Aksesibilitas - Struktur	
16.	(Corlton & Gales, 2020)	- Material bangunan	
17.	(Dârmon & Suciu, 2018)	- Struktur bangunan - Pengendalian asap	
18.	(Du & Okazaki, 2016)	- Material Bangunan	
19.	(Rahman, 2003)	- Desain <i>site</i> - Aksesibilitas - Struktur bangunan - Material bangunan - Tata ruang bangunan	
20.	(Rahman, 2004)	- Desain <i>site</i> - Aksesibilitas - Struktur bangunan - Material bangunan - Tata ruang bangunan	

Berdasarkan Tabel 2.1 secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa aspek yang terkait dengan sistem proteksi pasif kebakaran, diantaranya yaitu desain *site*, aksesibilitas, struktur bangunan, material bangunan, tata ruang bangunan, perlindungan bukaan, pengendalian asap, jumlah lantai bangunan, ketinggian bangunan, dan sistem pasokan listrik dan air. Akan tetapi dari keseluruhan aspek tersebut, yang terpilih dan digunakan pada penelitian ini yang terkait dengan bangunan tradisional yang ada di permukiman tradisional, ada lima aspek diantaranya yaitu desain *site*, aksesibilitas, struktur bangunan, material bangunan dan tata ruang bangunan.

Desain *site* menjadi salah satu faktor penting yang dapat dinilai keandalannya dalam sistem proteksi pasif kebakaran. Desain yang baik akan menjadikan permukiman tersebut menjadi lebih baik pula. Sedangkan terkait dengan aksesibilitas, kondisi jalan yang sudah lama terbangun, biasanya dapat menghadirkan hambatan bagi mobil pemadam, terlebih lagi aksesibilitas yang ada di daerah pedesaan, sedangkan aksesibilitas merupakan bagian penting dalam mendukung kelancaran pemadam menuju lokasi kebakaran, maka dari itu diperlukan sebuah penilaian untuk mengevaluasi aksesibilitas pemadam ketika sedang ada terjadinya kebakaran.

Beberapa penilaian juga telah dilakukan terhadap keandalan sistem keselamatan pasif dan diantaranya meliputi ketahanan struktur. Tindakan proteksi kebakaran pasif sering kali melibatkan perubahan struktur atau komponen bangunan tidak cocok untuk pelestarian bangunan bersejarah karena nilai warisan dan gaya bangunannya yang istimewa. Kerentanan bahaya kebakaran lainnya juga dapat

bergantung pada beberapa faktor termasuk jenis material konstruksi bangunan (ketahanan terhadap api) sedangkan material konstruksi yang digunakan pada rumah tradisional pada umumnya berasal dari material alam seperti kayu, sedangkan kayu itu sendiri terkenal sebagai material yang mudah terbakar.

Selain perencanaan yang berkaitan dengan desain *site*, aksesibilitas, struktur dan material bangunan, perencanaan tata ruang bangunan juga merupakan salah satu aspek sistem proteksi pasif yang sangat menentukan persyaratan keselamatan kebakaran. Dengan pola tata ruang bangunan yang baik dapat berpengaruh terhadap bagaimana api dan asap dalam bangunan saat terjadinya kebakaran.

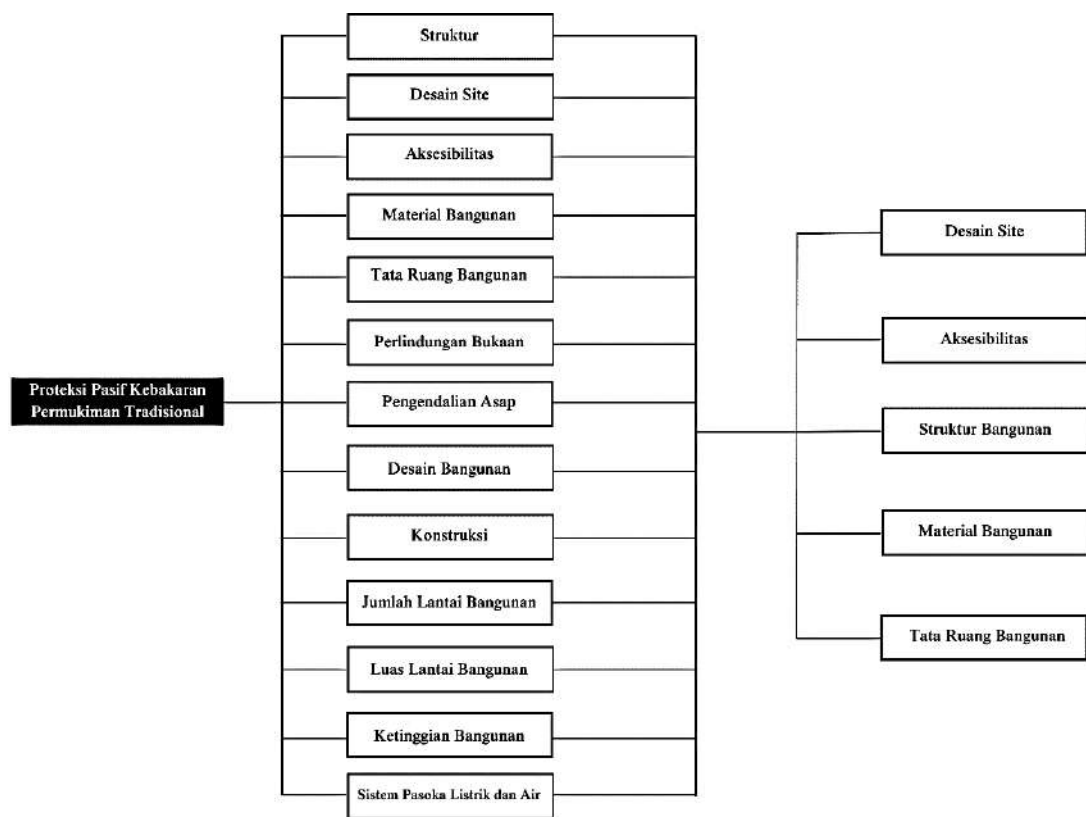
Terpilihnya lima aspek tersebut dikarenakan aspek lain yang tersisa, salah satu diantaranya seperti jumlah lantai. Menurut Rahman dkk. (2015) kerentanan bangunan akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah lantai sedangkan pada bangunan tradisional yang dikenal pada umumnya tidak memiliki lantai yang lebih dari satu atau dapat dikatakan bahwa rumah tradisional tersebut berjumlah satu lantai, maka jumlah lantai tidak dipilih menjadi aspek pada sistem proteksi pasif kebakaran pada penelitian ini. Selain jumlah lantai, ketinggian dan luas bangunan juga merupakan hal yang berpengaruh pada kebakaran, Rahman dkk. (2015) menyatakan bahwa wilayah yang lebih luas cenderung lebih rentan terhadap kebakaran dibandingkan wilayah yang lebih kecil, sedangkan luas dari rumah adat tradisional itu sendiri tidak terlalu besar.

Terkait dengan tinggi bangunan, maka akan dibutuhkan pula sistem proteksi kebakaran yang semakin kompleks. Misal, pada ketinggian bangunan, semakin tinggi bangunan dapat menyebabkan dibutuhkan akses khusus untuk melakukan

pemadaman pada kebakaran seperti tangga dan lain-lain. Sementara ketinggian lantai bangunan tradisional terutama pada rumah tradisional Batak Toba tidak terlalu tinggi, sehingga dapat diakses tanpa membutuhkan bantuan khusus.

Pengendalian asap pada umumnya berfungsi agar asap tidak menutup jalur evakuasi yang dapat menyebabkan korban jiwa akibat peristiwa kebakaran tersebut, baik itu ventilasi alami maupun mekanis merupakan faktor kunci untuk evakuasi yang aman bagi penghuni bangunan (Dârmon & Suciu, 2018). Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa asap merupakan bagian dari *life safety*, bukan *property safety*. Sementara itu, bangunan tradisional merupakan sebuah bangunan satu lantai yang tidak memiliki sekat di dalamnya, sehingga memudahkan orang yang ada di dalamnya untuk melakukan evakuasi dengan cepat, disamping itu juga permukiman tradisional itu sendiri rata-rata memiliki ruang luar dengan ukuran yang cukup luas dan berdekatan langsung dengan rumah-rumah tradisional yang ada di sekitarnya.

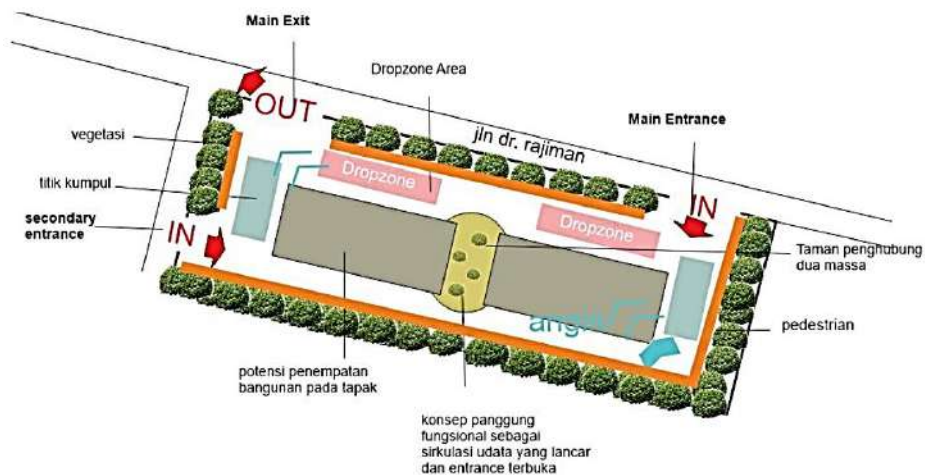
Selain dalam bentuk tabel, aspek-aspek dari sistem proteksi pasif kebakaran juga disajikan dalam bentuk skema, dan jika disajikan dalam bentuk skema (gambar 2.1). Sama seperti yang ada pada tabel sebelumnya (Tabel 2.1), melalui skema tersebut dapat diketahui bahwa terdapat beberapa aspek proteksi pasif kebakaran diantaranya yaitu desain *site*, aksesibilitas, struktur bangunan, material bangunan, dan tata ruang bangunan (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Sistem proteksi pasif pada permukiman tradisional

2.2.1 Desain Site

Desain *site* merupakan salah satu hal penting yang menyangkut pada sistem pasif kebakaran (Sukawi dkk., 2016). Melalui desain *site* perancang dapat memasukkan fitur keselamatan kebakaran ke dalam bangunan dengan jauh lebih baik (Anderberg, 2011). Desain *site* (Gambar 2.2) adalah perencanaan dalam mengatur *site* pada bangunan yang meliputi diantaranya yaitu penataan blok massa, dalam hal ini tata letak dan orientasi bangunan akan diatur dengan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan tata letak yang baik bagi massa-massa bangunan yang ada di permukiman sekitarnya (Rahman, 2003; Rahman 2004; Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008; Mareta & Hidayat, 2020).



Gambar 2.2 Contoh desain *site*
Sumber : Rahmadani dkk., 2018

Penataan blok massa pada desain *site* berfungsi untuk mengendalikan bencana kebakaran yang bisa terjadi kapan pun dan dimanapun (Setiani, 2015). Selain penataan blok massa, hal lain yang harus diperhatikan pada desain *site* suatu permukiman yaitu keberadaan ruang terbuka seperti titik kumpul evakuasi dan komunikasi umum (Rossydina & Prabawati, 2018) serta jarak antar satu bangunan ke bangunan lain (Rahman, 2003; Rahman 2004; Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008; Mareta & Hidayat, 2020).

Tingginya risiko terjadinya kebakaran besar di suatu pemukiman juga disebabkan karena rata-rata tempat tinggal berada di jarak yang cukup dekat dengan setidaknya satu tetangga sehingga dapat mempercepat penyebaran api, khususnya jika lokasi tersebut cukup dekat untuk terjadinya percikan api secara langsung . Secara umum, semakin dekat suatu tempat tinggal dengan sumber api, semakin cepat pula kebakaran terjadi, meskipun waktu penyalaan juga ditentukan oleh fluks panas yang terjadi dan orientasi tempat tinggal tersebut terhadap api (Stevens dkk., 2020). Begitu pula dengan penelitian-penelitian terdahulu, yang menjadikan jarak

antar bangunan sebagai salah satu aspek penting yang harus dinilai dan dianalisis terhadap terjadinya bencana kebakaran pada keandalan sistem keselamatan pasif (Adiwidjaja, 2012; Muhammad & Sufianto, 2018; Fadilah dkk., 2019).

Pemukiman dengan karakter massa bangunan yang saling berdekatan (jarak antar bangunan) juga diasumsikan secara proporsional akan lebih banyak memiliki ventilasi dengan posisi yang berdekatan pula, sehingga batas yang sesuai harus ditentukan, seperti harus adanya penghalang berupa jalan (aksesibilitas) atau lahan kosong (Stevens dkk., 2020), oleh karena itu, ketika merancang atau memilih sistem proteksi kebakaran, potensi bahaya kebakaran mengenai keberadaan sistem ventilasi pada bangunan juga harus diperhitungkan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Permasalahan yang ada pada *site* sering kali berkaitan dengan kemudahan pencapaian ke lingkungan pemukiman dan kemudahan pencapaian ke bangunan (aksesibilitas) yang ada di permukiman tersebut (Rahman, 2003; Rahman 2004). Kemudahan aksesibilitas kebangunan juga berkaitan dengan kelengkapan *site*, yaitu jalan lingkungan (Rossydina & Prabawati, 2018; Muhammad & Sufianto, 2018; Mareta & Hidayat, 2020; Fadilah dkk., 2019). Namun jalan tersebut juga berpotensi sebagai faktor risiko lain, maka perlu ada pertimbangan dalam perencanaan keselamatan kebakaran, hal tersebut dikarenakan akses terbatas menuju ke bangunan dan jalan yang sempit dapat menjadi penyebab meningkatnya risiko terhadap bahaya kebakaran pada perencanaan tata guna lahan (Durak dkk., 2011). Beberapa daerah bahkan sering kali terus menghadapi permasalahan yang serius seperti penurunan lebar jalan yang efektif yang berdampak pada peningkatan resiko

bencana (Kumar & Bhaduri, 2018).

Kelengkapan *site* umumnya juga berkaitan dengan keberadaan sumber daya air dan penempatan hidran halaman (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008; Wibisono & Islamy, 2017; Rossydina & Prabawati, 2018; Muhammad & Sufianto, 2018; Fadilah dkk., 2019; Mareta & Hidayat, 2020). Namun terkadang penyediaan tersebut tidak memadai di suatu *site* permukiman yang dapat menyebabkan timbulnya sebuah permasalahan. Maka dari itu, beberapa hal yang termasuk di dalam permasalahan *site* dalam kaitannya dengan penanggulangan kebakaran diantaranya yaitu permasalahan pada penyediaan hidrant eksterior di lingkungan kawasan dan ketersediaan sumber daya air untuk pemadaman (Rahman, 2003; Rahman 2004; Wahyudi dkk., 2013).

Sistem proteksi pasif lainnya yang ada pada desain *site* yaitu ketersediaan ruang-ruang terbuka. Ruang terbuka adalah ruang yang ada pada lokasi bangunan dan dihubungkan langsung dengan jalan umum (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008). Oleh karena itu ketersediaan ruang terbuka menjadi faktor penting sekaligus dapat menjadi permasalahan serius pada suatu daerah yang dapat menyebabkan rentan terhadap terjadinya bahaya kebakaran (Kumar & Bhaduri, 2018). Dengan adanya permasalahan yang ada pada ruang terbuka, maka secara otomatis akan timbul juga permasalahan pada ketersediaan area parkir yang dapat digunakan oleh pemadam kebakaran di lingkungan suatu kawasan (Rahman, 2003; Rahman 2004).

Selanjutnya permasalahan terkait dengan sistem proteksi pasif pada suatu permukiman yaitu adanya benda-benda yang mudah terbakar. Dalam perancangan dan pemilihan sistem proteksi kebakaran, perlu memperhitungkan potensi bahaya kebakaran, termasuk keberadaan benda- benda yang dapat meledak dan menyebabkan terjadinya kebakaran di dalam bangunan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008). Keberadaan benda-benda mudah terbakar pada suatu bangunan menjadi hal yang berpengaruh ketika terjadinya bencana kebakaran (Arrazy dkk., 2014). Sifat mudah terbakar suatu benda atau bahan sering kali dinyatakan dengan titik nyala (*flash point*). Titik nyala adalah suhu terendah di mana suatu bahan dapat berubah menjadi uap dan terbakar sementara jika terkena api. Semakin rendah titik nyala suatu bahan maka semakin mudah terbakar bahan tersebut dan sebaliknya (Kelvin dkk., 2015). Selain itu penyebab meningkatnya risiko bahaya kebakaran pada perencanaan tata guna lahan juga dapat disebabkan oleh kurangnya sistem penahanan otomatis pada bangunan dan letak tiang listrik yang berdekatan rumah tradisional (Durak dkk., 2011).

Dengan demikian setelah di kumpulkan beberapa pernyataan terkait dengan desain *site* pada sistem proteksi pasif berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka di dapatkan beberapa komponen yang nantinya juga akan digunakan sebagai indikator pada penelitian ini. Adapun beberapa komponen tersebut akan disajikan pada tabel berikut (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Desain *site* pada sistem proteksi pasif

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
1.	(Rahman, 2003)	- Penataan blok-blok massa - Jarak antar	- Penataan blok massa - Jarak antar

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
		bangunan - Aksesibilitas - Ketersediaan ruang terbuka - Keberadaan sumber daya air - Penyediaan hidrant eksterior	bangunan - Keberadaan sumber daya air - Ketersediaan ruang terbuka - Keberadaan benda mudah terbakar
2.	(Rahman 2004)	- Penataan blok-blok massa - Jarak antar bangunan - Aksesibilitas - Ketersediaan ruang terbuka - Keberadaan sumber daya air - Penyediaan hidrant eksterior	
3.	(Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008)	- Penataan blok massa - Jarak antar bangunan - Penempatan hidran halaman - Ketersediaan ruang terbuka - Ventilasi - Keberadaan benda mudah terbakar - Keberadaan sumber daya	
4.	(Mareta & Hidayat, 2020)	- Keberadaan sumber daya air - Aksesibilitas - Jarak antar bangunan - Hidran halaman	

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
5.	(Setiani, 2015)	- Penataan blok massa	
6.	(Rosydina & Prabawati, 2018)	- Keberadaan sumber daya air - Aksesibilitas - Keberadaan ruang terbuka - Jarak antar bangunan - Hidran halaman - Komunikasi umum	
7.	(Stevens dkk., 2020)	- Jarak antar bangunan - Ventilasi yang berdekatan	
8.	(Durak dkk., 2011)	- Sistem penahanan otomatis - Jarak antar bangunan - Aksesibilitas - Keberadaan tiang listrik	
9.	(Kumar & Bhaduri, 2018)	- Penataan blok massa - Keberadaan ruang terbuka - Aksesibilitas	
10.	(Arrazy dkk., 2014)	- Keberadaan benda mudah terbakar	
11.	(Kelvin dkk., 2015)	- Benda mudah terbakar	
12.	(Adiwidjaja, 2012)	- Jarak antar bangunan	
13.	(Muhammad & Sufianto, 2018)	- Sumber daya air - Jarak antar bangunan - Penempatan hidran	

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
		- Aksesibilitas	
14.	(Wibisono & Islamy, 2017)	- Penempatan hidran	
		- Jenis material	

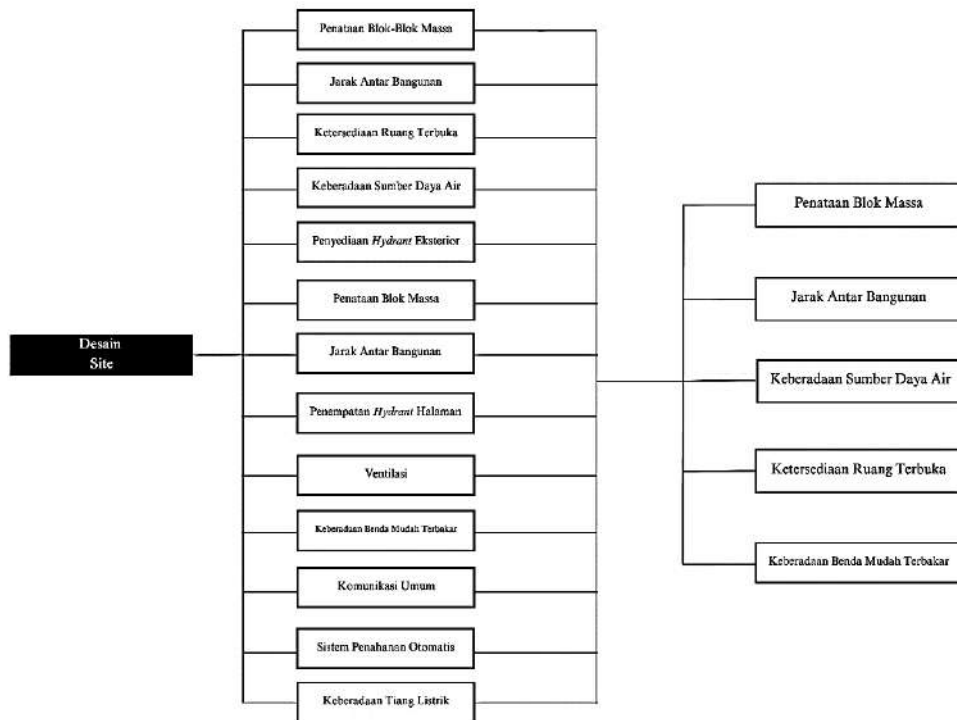
Berdasarkan Tabel 2.2 secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa komponen yang terkait dengan desain *site* pada suatu permukiman diantaranya yaitu keberadaan sumber air, jarak antar bangunan, penataan blok massa, ketersediaan ruang terbuka, keberadaan benda mudah terbakar, aksesibilitas/jalan lingkungan, penempatan hidran halaman, dan ventilasi. Namun secara keseluruhan komponen tersebut hanya beberapa yang akan dipilih dan digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu penataan blok massa, jarak antar bangunan, keberadaan sumber daya air, ketersediaan ruang terbuka, dan keberadaan benda mudah terbakar.

Kelimana merupakan faktor yang berpengaruh pada desain *site* sebuah permukiman terhadap proteksi pasif kebakaran. Pentingnya penataan blok massa pada suatu permukiman adalah untuk menciptakan tata letak dan orientasi bangunan yang sedemikian rupa baik, sehingga memudahkan orang-orang untuk melakukan evakuasi ketika terjadinya kebakaran. Pada saat yang sama, jarak antar bangunan juga perlu diperhatikan, karena jika terdapat resiko kebakaran dan ledakan, besar kemungkinan api akan menyebar ke bangunan yang dekat dengan sekitarnya dan pada dasarnya penyebaran api yang tidak selalu terlihat akan menyebar terutama antara rumah dengan jarak yang berdekatan.

Selain penataan blok massa dan jarak antar bangunan, keberadaan sumber daya air juga berpengaruh pada saat terjadinya kebakaran karena dalam mengatasi kerentanan kebakaran khususnya pada bangunan tradisional dapat dilakukan melalui persediaan air (indikator ini memperhitungkan sumber air interior (misalnya tangki air) atau eksterior (misalnya hidran kebakaran, air mancur, sungai, danau, kolam buatan) di atau dekat lokasi yang dinilai untuk memerangi kebakaran). Ketersediaan sumber suplai air yang memadai atau sistem pemadaman non-air yang efektif harus dipastikan untuk memfasilitasi pemadaman kebakaran. Selanjutnya adalah penyediaan ruang-ruang terbuka dan sebagiannya, Adapun tujuannya yaitu untuk mencegah dan meminimasi bahaya kebakaran. Dalam penanggulangan bencana khususnya kebakaran utamanya harus menyediakan ruang terbuka sebagai tempat evakuasi atau titik kumpul. Selain sebagai tempat evakuasi, ruang terbuka juga berkaitan dengan ketersediaan area parkir yang dapat digunakan oleh pemadam kebakaran di lingkungan suatu kawasan.

Sementara itu terkait dengan penyimpanan bahan yang mudah terbakar juga harus diatur dan teratur, untuk bahan yang mudah terbakar tidak boleh disimpan di pintu keluar, karena akan membahayakan ketika proses evakuasi dilakukan. Selain mencegah penumpukan bahan mudah terbakar di dalam ruangan, penyimpanan barang di luar ruangan atau halaman juga harus diperhatikan. Antara bangunan dengan tempat penyimpanan barang yang mudah terbakar harus dipisahkan secara benar. Lorong-lorong antar tempat penyimpanan juga harus tetap bersih dan bebas dari benda-benda lain yang mudah terbakar.

Jika disajikan dalam bentuk skema (Gambar 2.3), maka komponen dari desain *site* adalah sebagai berikut.



Gambar 2.3 Komponen desain *site*

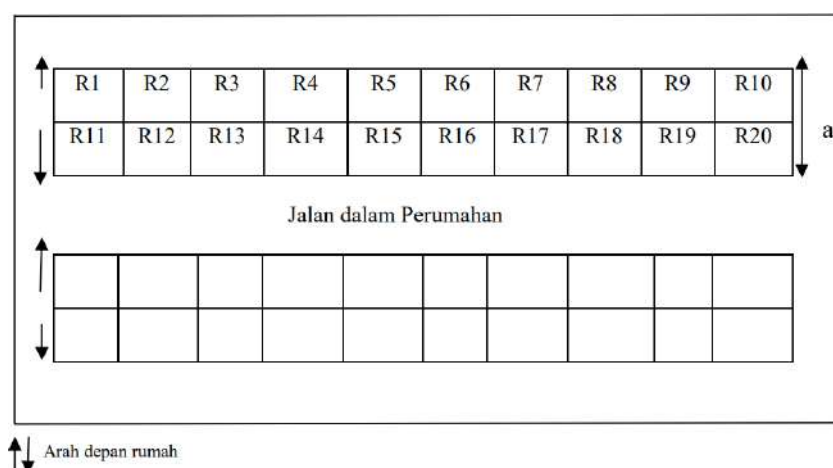
Sama seperti tabel sebelumnya (Tabel 2.2) melalui skema tersebut dapat diketahui bahwa terdapat beberapa komponen desain *site* diantaranya yaitu penataan blok massa, jarak antar bangunan, keberadaan sumber daya air, ketersediaan ruang terbuka, dan keberadaan benda mudah terbakar (Gambar 2.3).

2.2.1.1 Penataan Blok Massa

Massa bangunan menjadi hal yang berpengaruh terhadap proteksi kebakaran begitu pula dengan peletakan bangunan yang dapat memengaruhi penyebaran api ketika terjadi kebakaran, maka dari itu blok massa harus disusun sebaik mungkin untuk meminimalisir terjadinya penyebaran api pada bangunan.

Untuk menghambat perambatan api dapat digunakan pembagian lebih dari satu massa bangunan (Rahmadani dkk., 2018). Maka dari itu penataan blok massa menjadi hal yang berpengaruh terhadap sistem proteksi pasif kebakaran (Wibisono & Islamy, 2017). Risiko kebakaran seringkali terjadi karena buruknya kualitas bangunan dan lingkungan serta infrastruktur perlindungan kebakaran yang tidak beroperasi secara optimal (Nurmayadi & Huseiny, 2018). Oleh karena itu, dengan memperhitungkan adanya bencana kebakaran dapat mengurangi dampak kerugian akibat bahaya kebakaran (Setiani, 2015).

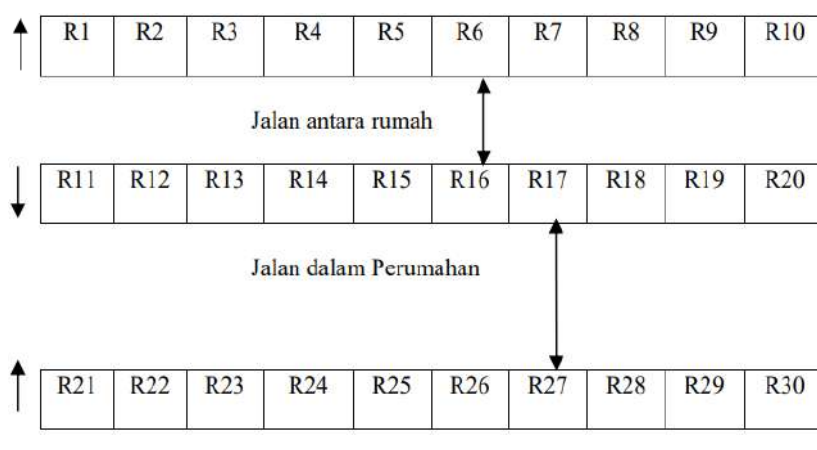
Letak bangunan yang terlalu berdekatan dan tidak adanya sirkulasi udara yang memadai menjadi salah satu penyebab terjadinya kebakaran pada suatu bangunan atau kawasan. Sekat pemisah dimaksudkan untuk menciptakan keamanan zonasi kebakaran agar api tidak mudah menjalar ke bangunan lain dan memisahkan kelompok bangunan yang mempunyai risiko kebakaran tinggi dengan bangunan yang mempunyai risiko kebakaran rendah (Nurmayadi & Huseiny, 2018).



Gambar 2.4 Penataan blok massa di Indonesia

Sumber : Setiani, 2015

Berdasarkan Gambar 2.4 terlihat bahwa pada satu baris atau blok Kawasan terdiri dari 20 rumah, dimana bagian rumah-rumah tersebut saling berdempet pada bagian belakangnya. Dengan begitu dapat dikatakan bahwa hanya ada satu jalan masuk yang berada pada bagian depan rumah saja. Diumpamakan apabila lebar dan panjangnya 12 x 15 m, 12 m lebar dan 15 m panjang ke belakangnya, maka untuk dua rumah yang berdempet menjadi 30 m (garis a). Jika terjadi kebakaran di bagian belakang rumah nomor R5, R6, R15 atau R16, maka akan menyulitkan pemadam kebakaran untuk menjangkaunya, sedangkan bagi rumah nomor R1, R10, R11 dan R20 berada pada area yang cukup baik, karena bisa dijangkau dari dua sisi yaitu muka dan samping rumah jika terjadi kebakaran (Setiani, 2015).



Gambar 2.5 Tata letak rumah umumnya di kawasan perumahan di Malaysia

Sumber : Setiani, 2015

Gambar 2.5 merupakan pola letak rumah secara umum kawasan perumahan di Malaysia. Pada permukiman tersebut terdapat dua tipe jalan, yaitu jalan utama perumahan yang berada dibagian depan rumah, sedangkan jalan lainnya berada di bagian belakang rumah tersebut. Jika terjadi bencana kebakaran, mobil pemadam dapat mengakses permukiman tersebut dan masuk melalui jalan belakang antara

rumah yang dibuat cukup untuk satu mobil pemadam. Dengan cara ini proses pemadaman dapat berjalan dengan optimal. Kebakaran dapat segera dikendalikan dan kemungkinan terjadinya kebakaran dari satu rumah ke rumah lainnya dapat diminimalisir. Pemadaman rumah dapat dilakukan minimal melalui 2 sisi (bagian depan dan belakang). Begitu pula dengan upaya penyelamatan penghuni yang lebih baik, dan proses evakuasi juga dapat dilakukan dengan cepat karena kemungkinan terkepung lebih kecil dibandingkan pola yang ada di Indonesia (Setiani, 2015).

Dari dua contoh gambar diatas, dapat disimpulkan bahwa penataan blok massa pada suatu pemukiman dapat memengaruhi proses penyelamatan oleh pemadam ketika terjadinya kebakaran. Hal itu juga akan menentukan kemudahan pemadam ketika akan memadamkan api. Blok massa yang memiliki pemisah dengan dua jalur, akan mempermudah pemadam ketika melakukan penyelamatan dibanding dengan hanya satu jalur saja (Gambar 2.4 ; Gambar 2.5). Melalui jalur tersebut, mobil pemadam dapat masuk dan akan melakukan penyelamatan ke bangunan-bangunan yang terkena api. Peletakaan massa bangunan yang rapat akan memengaruhi proses penyebaran api, semakin rapat bangunan, maka api akan semakin mudah menyebar ke bangunan-bangunan lain yang ada di sampingnya.

Secara keseluruhan terkait dengan penataan blok massa dapat disimpulkan bahwa susunan massa pada permukiman dapat memengaruhi terjadinya penyebaran api ketika kebakaran. Selain susunan blok massa, faktor lainnya yang berpengaruh antara lain adalah posisi blok massa tersebut terhadap jalan, seperti yang telah dijelaskan pada contoh gambar sebelumnya yaitu blok massa yang memiliki pemisah dengan dua jalur, akan mempermudah pemadam ketika melakukan

penyelamatan dibanding dengan hanya satu jalur saja, maka dari itu blok massa harus disusun sebaik mungkin untuk meminimalisir terjadinya penyebaran api pada bangunan.

2.2.1.2 Jarak Antar Bangunan

Penyebaran api yang disebabkan oleh bercak api tidak selalu terlihat, terutama antara rumah yang terbakar karena jarak yang berdekatan membuat api yang dilepaskan melalap dan terbenam dalam api eksternal dari rumah yang sudah lebih dulu terbakar (Himoto dkk., 2018). Jarak antar bangunan perlu diperhitungkan karena jika terjadi risiko kebakaran, kemungkinan besar api akan merambat ke bangunan terdekat di kawasan tersebut (Mareta & Hidayat, 2020). Jarak pendek antar bangunan merupakan faktor risiko yang meningkatkan penyebaran (Durak dkk., 2011). Tingkat kerapatan yang ada pada bangunan di bagian kiri, kanan, depan, dan belakang setiap bangunan ini didorong oleh kebutuhan tempat tinggal masyarakat yang semakin meningkat. Begitu pula dengan pertumbuhan yang tidak terkendali juga dapat menimbulkan banyaknya terjadi masalah salah satunya merupakan ancaman kebakaran (Hadyan dkk., 2022).

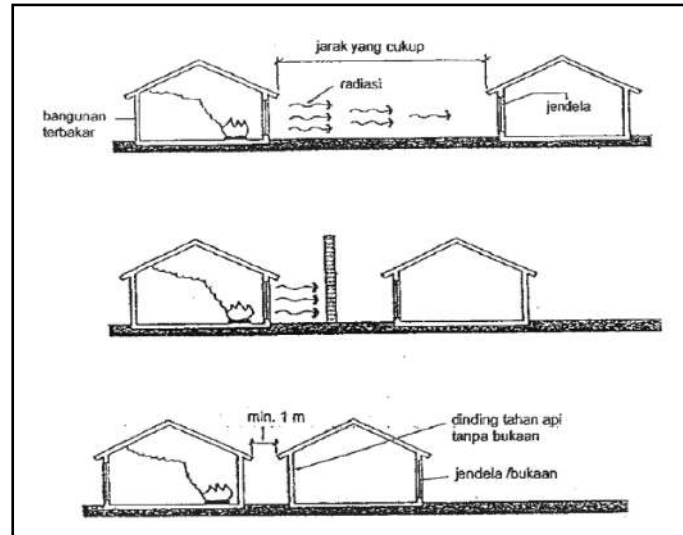
Pemukiman dengan karakter massa bangunan yang saling berdekatan, diasumsikan secara proporsional akan lebih banyak memiliki ventilasi dengan posisi yang berdekatan pula. Maka dari itu, batas yang sesuai perlu ditentukan, seperti dengan adanya penghalang berupa jalan atau lahan kosong. Pada kebakaran, api dapat menyebar jika tempat tinggal berada dalam jarak yang cukup dekat, terutama karena perpindahan panas radiasi dan pancaran api secara langsung. Secara umum, semakin dekat suatu tempat tinggal dengan sumber api, maka

semakin cepat pula kebakaran terjadi, meskipun waktu penyalaan juga ditentukan oleh fluks panas yang terjadi dan orientasi tempat tinggal tersebut terhadap api (Stevens dkk., 2020).

Jarak antar bangunan yang berdekatan menjadikan permukiman tersebut rentan dan mempunyai kemungkinan besar terjadinya kebakaran (Putri & Ridlo, 2023). Kebanyakan bangunan yang terletak bersebelahan dengan bangunan lain, ketika terjadi kebakaran api lebih cepat menyebar ke bangunan lain karena tidak adanya ruang untuk menyuplai udara antara bangunan satu dengan bangunan lainnya (Hadyan dkk., 2022). Selain itu, berdasarkan hasil penelitian terdahulu juga telah dibuktikan bahwa kebakaran yang terjadi di kawasan cagar budaya desa akan mudah meluas ke rumah-rumah yang berdekatan, terlebih lagi karena rumah yang dibangun dengan struktur kayu (Park dkk., 2016). Dikarenakan jarak antar bangunan sangat kecil, maka bagian pinggir bangunan yang berdekatan dengan bangunan lain harus ditutup dengan material tahan api untuk mengurangi kemungkinan terbakarnya ke bangunan lainnya (Rossydina & Prabawati, 2018).

Sementara jarak tempat tinggal dan kepadatan tepi dapat menentukan kecepatan dan multi-arah penyebaran api, tingkat penyebaran harus dibatasi oleh ukuran 'tambalan kritis' di mana api terjadi. Tambalan kritis didefinisikan sebagai kelompok tempat tinggal yang semuanya berada dalam jarak kritis tertentu dari penyalaan setidaknya satu tempat tinggal lain dalam kelompok tersebut. Secara teori, jika diberikan waktu yang tidak terbatas tanpa adanya tekanan dari luar (angin, pemadam kebakaran, dll.), api yang berasal dari mana saja di dalam petak

akan menyebar ke semua tempat tinggal lain di dalam petak tersebut, namun tidak lebih jauh (Stevens dkk., 2020).



Gambar 2.6 Jarak antar bangunan yang aman

Sumber : Utilitas Bangunan, 2013

Menurut Wahyudi dkk. (2013) membuat jarak yang aman antar bangunan dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya yaitu dengan membuat jarak yang cukup jauh apabila rumah memiliki bukaan yang saling berhadapan, karena jika jarak tersebut dekat, angin dapat menghantarkan sumber api melalui bukaan tersebut dan api dapat menyebar ke bangunan yang ada disekitarnya.

Selain itu cara lain yang dapat dilakukan untuk mencegah api menyebar yaitu dengan membuat dinding pembatas diantara bangunan, dinding tersebut dapat mencegah api agar tidak menjalar ke bangunan yang berada di sampingnya. Selain dua cara tersebut, cara terakhir yang dapat dilakukan yaitu dengan membuaat dinding tahan api pada bangunan dengan jarak minimal 1 m, dengan keadaan bukaan tidak berada diantara bangunan tersebut, melainkan ada pada bagian lainnya (Gambar 2.6).

Dengan demikian pelebaran atau jarak antar bangunan juga memengaruhi proteksi kebakaran pasif pada pemukiman padat (SNI 03-1735, 2000). Membuat jarak antar bangunan sangat penting, selain bertujuan mengakomodasi area operasional pemadam kebakaran, tujuan utamanya adalah agar kebakaran tidak mudah menjalar kebangunan disebelahnya, akibat konveksi atau radiasi (Wahyudi dkk., 2013; Hadyan dkk., 2022).

Tabel 2.3 Jarak antar bangunan

No.	Tinggi Bangunan Gedung (m)	Jarak Minimum Antar Bangunan Gedung (m)
1.	s.d. 8	3
2.	> 8 s.d. 14	> 3 s.d. 6
3.	> 14 s.d. 40	> 6 s.d. 8
4.	> 40	> 8

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (2008) telah ditentukan jarak antar bangunan sebagai upaya untuk melakukan proteksi terhadap meluasnya kebakaran. Adapun ketentuannya antara lain yaitu untuk tinggi bangunan 0-8 m, jarak minimum antar bangunan nya yaitu 3 m, sedangkan tinggi bangunan dengan ukuran >8m -14 m, jarak antar bangunannya minimum >3m -6m, selanjutnya untuk bangunan dengan tinggi >14m - 40 m, jarak minimum antar banguannya yaitu >6m -8m, sementara tinggi bangunan yang mencapai 40 m, jarak minimum bangunanya yaitu >8m, dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa ketentuan jarak antar bangunan memiliki hubungan dengan tinggi dari bangunan itu pula, semakin tinggi bangunan, maka jarak yang ditetapkan juga semakin besar (Tabel 2.3).

Kekhawatiran yang jelas adalah seiring dengan pertumbuhan dan kepadatan pemukiman, semakin banyak pemukiman yang akan berpindah ke zona transisi dan berisiko tinggi (Stevens dkk., 2020). Tingkat kepadatan dan jarak antar bangunan dipengaruhi oleh meningkatnya kebutuhan tempat tinggal masyarakat. Pertumbuhan yang tidak terkendali juga dapat menimbulkan banyak masalah, salah satunya adalah ancaman kebakaran (Hadyan dkk., 2022). Padahal, penyediaan jarak antar bangunan yang cukup lebar juga bertujuan untuk mengakomodasi operasional mobil tangga kebakaran. Jarak tersebut harus sebanding dengan tinggi bangunannya. Contoh, untuk tinggi bangunan 20 m, diperlukan pelataran selebar 8 m agar tangga dengan sudut 70° dapat beroperasi (Wahyudi dkk., 2013). Pada kawasan pemukiman yang sudah terbangun dan relatif padat, dapat dilakukan upaya untuk memanfaatkan dinding bangunan sebagai pembatas antar bangunan agar api tidak mudah menyebar dari satu bangunan ke bangunan lainnya (Hadyan dkk., 2022).

Secara keseluruhan berdasarkan teori-teori terkait dengan jarak antar bangunan, dapat disimpulkan bahwa kekhawatiran akan terlihat jelas seiring dengan tumbuh dan berkembangnya kepadatan pada sebuah permukiman. Oleh karena itu, adanya jarak antar bangunan itu sangat penting, selain bertujuan untuk akomodasi area operasional pemadam kebakaran, tujuan utamanya yaitu agar api tidak mudah menyebar ke bangunan lain yang ada disekitarnya.

Begitu pula dengan tingkat kedekatan pada bangunan, lebar jarak dapat menjadi faktor yang berpengaruh terhadap penyebaran api, semakin dekat jarak antar bangunan, maka api akan dapat dengan mudah menyebar ke bangunan yang ada

disampingnya. Begitu pula dengan bukaan yang saling berhadapan, kondisi ini dapat menyebabkan api dapat dengan mudah menyebar ke bangunan yang ada disampingnya melalui bukaan tersebut, angin dapat membawa api masuk ke dalam bukaan, sehingga dapat menyebabkan bangunan juga ikut terbakar. Maka dari itu jarak antar bangunan begitu penting untuk mencegah penyebaran api sekaligus sebagai upaya sebagai upaya untuk melakukan proteksi terhadap meluasnya kebakaran .

2.2.1.3 Keberadaan Sumber Daya Air

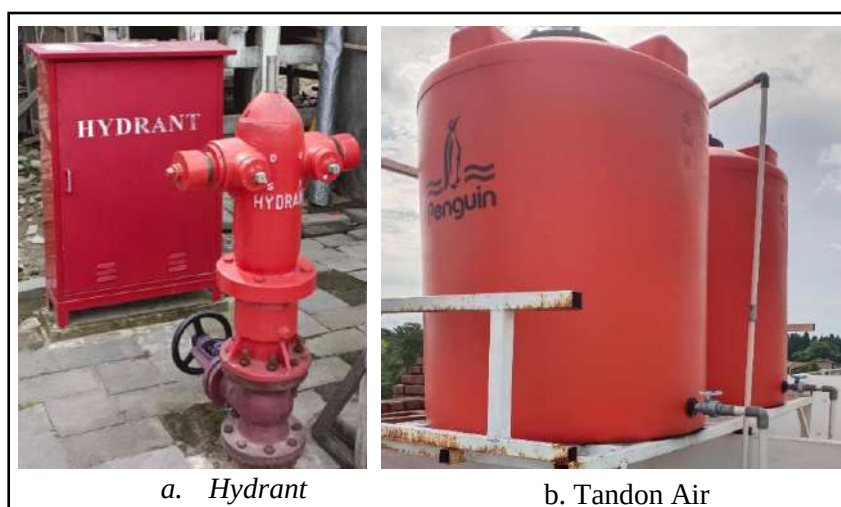
Faktor-Faktor yang memengaruhi dan menjadi penilaian pada bangunan terhadap sistem proteksi kebakaran diantaranya yaitu sumber air (Monika dkk., 2022). Pasokan air dalam upaya menanggulangi kebakaran sangat diperlukan. Maka dari itu dibutuhkan pula sumber daya air sebagai bagian dari sistem proteksi kebakaran (S dkk., 2015; Hadyan dkk., 2022). Dalam mengatasi kerentanan kebakaran pada warisan dapat dilakukan melalui persediaan air (indikator ini memperhitungkan sumber air interior (misalnya tangki air) atau eksterior (misalnya hidran kebakaran, air mancur, sungai, danau, kolam buatan) di atau dekat lokasi yang dinilai untuk memerangi kebakaran). Ketersediaan sumber suplai air yang memadai atau sistem pemadaman non-air yang efektif harus dipastikan untuk memfasilitasi pemadaman kebakaran (Salazar dkk., 2021; Damayanti & Ningrum, 2021).

Selain itu, jaringan pasokan air yang disetujui harus mampu menyediakan aliran air yang diperlukan untuk proteksi kebakaran ke seluruh lingkungan. Jika

tidak ada sistem distribusi air yang dapat diandalkan, maka diperbolehkan melakukan pemasangan atau penyediaan sumber air lainnya seperti reservoir, tangki bertekanan, tangki elevasi, atau berlangganan air dari pemadam kebakaran atau sistem lainnya yang disetujui. Jumlah dan jenis hidran halaman dan sambungannya ke sumber air lainnya yang disetujui harus mampu memasok air untuk pemadaman kebakaran dan harus disediakan di lokasi-lokasi yang disetujui (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).



Gambar 2.7 Sumber alami (danau)



a. Hydrant

b. Tandon Air

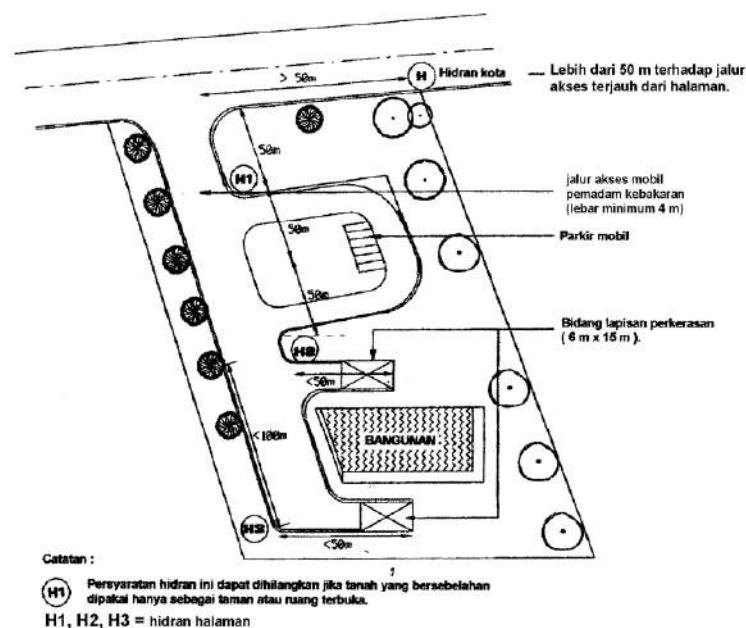
Gambar 2.8 Sumber air buatan

Apabila terjadi kebakaran, pengambilan air akan disesuaikan dengan lokasi kebakaran. Jika sumber air berada di dekat pemukiman penduduk, petugas pemadam kebakaran menggunakan sumber air tersebut dengan izin dari warga sekitar (Rohmadiani & Kowara, 2019). Secara umum penyediaan air baik berupa sumber air alami (Gambar 2.7) maupun sumber air buatan (Gambar 2.8) sangat diperlukan untuk kebutuhan pemadaman kebakaran (Damayanti & Ningrum, 2021; Hadyan dkk., 2022). Air yang disuplai untuk keperluan pemadaman kebakaran diambil dari sumber alami seperti kolam, danau, sungai, jeram, sumur dalam, saluran irigasi, serta dari sumber buatan seperti tangki air, tangki gravitasi, kolam renang, air mancur, reservoir, mobil tangki dan hidran (PUPR, 2022).

Pasokan air yang bersumber dari alam perlu dilengkapi dengan pipa/alat penghisap air (*drafting point*). Selain itu, pada sumber alami, permukaan airnya juga harus terjamin ketika kondisi kemarau, tujuannya agar sumber air tersebut tetap dapat digunakan dan dimanfaatkan. Selain berasal dari sumber alami, pasokan air juga dapat berasal dari hidran air yang disediakan pada lingkungan, dan pemerintah kota berkewajiban mengadakan, merawat dan memelihara hidran kebakaran kota (PUPR, 2022). Jika sumber air yang ada saat ini mempunyai aliran yang terjamin, maka dimungkinkan untuk dibuat tangki gabungan untuk menampung air bersih dan air pemadam kebakaran, dengan syarat air pemadam kebakaran tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari (Wahyudi dkk., 2013).

Diantara semua sumber air buatan seperti tandon air, hidran, kolam renang, mobil tangki air, dan lain-lain. Hidran merupakan sumber air yang efektif untuk

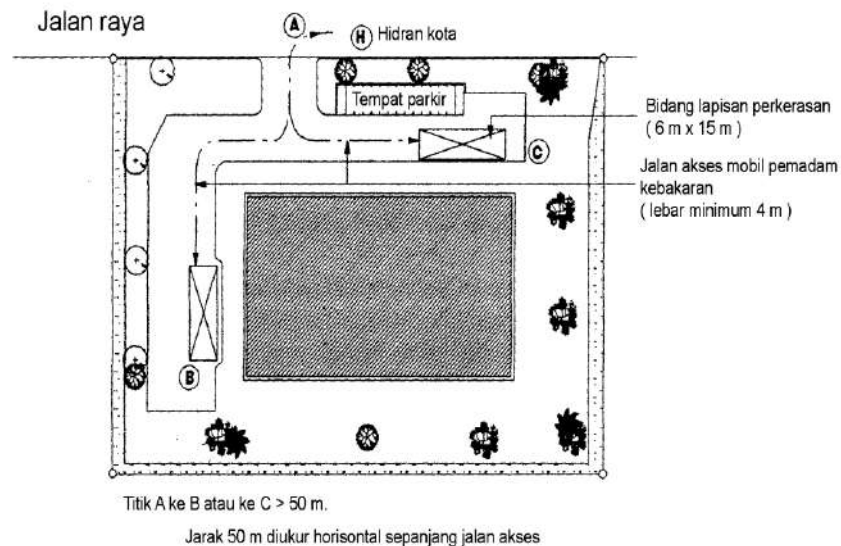
memenuhi kebutuhan air bagi petugas pemadam kebakaran karena tidak memakan lahan yang luas dan dapat ditata secara rapat kawasan padat penduduk. Penyediaan sumber daya air merupakan upaya dalam pemadaman kebakaran dengan menjamin ketersediaan air pada hidran dan tandon air agar selalu tersedia dan tidak mengalami gangguan selama proses pemadaman kebakaran berlangsung (Gambar 2.9) (Hadyan dkk., 2022).



Gambar 2.9 Letak hidran halaman terhadap jalur akses mobil pemadam
Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008

Pada saat ini hidran dan tandon air merupakan sumber air yang paling tepat untuk disediakan di wilayah permukiman. Namun kekurangannya, sumber air ini memiliki akses yang sulit dilalui oleh armada pemadam kebakaran. Penyediaan hidran dan tandon air merupakan sebuah terminal air untuk bantuan darurat ketika terjadi kebakaran. Air yang dialirkan pada kedua sumber air tersebut berasal dari PDAM dan selanjutnya mengalir melalui jalur pipa dengan ukuran 2.5 inci. Agar

air dapat mengalir, dibutuhkan pula alat bantuan seperti pompa hidran, fungsinya agar air dapat mengalir dengan tekanan yang telah ditentukan, selanjutnya air akan mengalir melalui selang yang telah tersedia (Hadyan dkk., 2022).



Gambar 2.10 Posisi akses bebas mobil pemadam terhadap hidran kota
Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008

Perletakan lokasi hidran berada dalam jarak radius 50 meter dan diletakan sepanjang jalur akses mobil pemadam kebakaran (Gambar 2.10) . Pasokan air untuk hidran halaman harus sekurang-kurangnya 2400 liter/menit pada tekanan 3,5 bar, serta mampu mengalirkan air minimal selama 45 menit (PUPR, 2022). Lingkungan pada bangunan juga harus direncanakan dengan sebaik mungkin, sehingga dengan adanya ketersediaan sumber air, dapat memudahkan instansi pemadam kebakaran ketika akan menggunakannya dan setiap rumah dan bangunan dapat dijangkau oleh pancaran air unit pemadam kebakaran dari jalan dilingkungannya. Adapun sumber air tersebut biasanya dapat berupa hidran halaman, sumur kebakaran atau reservoir air dan sebagainya (Salena, 2019).

Pada kasus khusus kebakaran di desa-desa pegunungan, terdapat banyak perbedaan karakteristik lokal dan kelemahan persediaan air. Maka dari itu, diperlukan strategi khusus untuk perencanaan keselamatan kebakaran sesuai dengan karakteristik masing-masing desa misalnya di pegunungan bersejarah, terutama ketika menerapkan strategi keselamatan kebakaran di masa mendatang. Selain itu, karena karakteristik spasial dan ketersediaan sumber daya air yang berbeda pada desa pegunungan bersejarah maka diperlukan peningkatan pada aliran sungai alami untuk memastikan sumber air yang memadai bagi pemadaman kebakaran (Li dkk., 2021).

Secara keseluruhan berdasarkan teori terkait keberadaan sumber daya air diatas dapat disimpulkan bahwa keberadaan sumber daya air untuk pemadam kebakaran pada umumnya terdiri dari dua sumber yaitu sumber air alami dan sumber air buatan. Sumber air alami biasanya berasal dari danau, sungai, kolam dan lain-lain, sedangkan sumber air buatan dapat berupa hidran, tandon air, reservoir dan lain-lain. Melalui sumber tersebut air dapat dialirkan, sehingga dapat digunakan oleh para pemadam untuk dapat segera memberikan pertolongan pada bangunan yang terkena dampak penyebaran api.

Setiap sumber memiliki ketentuan kapasitas dan jarak agar dapat terjangkau ke bangunan-bangunan yang memerlukan pertolongan dari bencana kebakaran tersebut. Adapun salah satunya seperti peletakan hidran, ditetapkan bahwa perletakan lokasi hidran berada dalam jarak radius 50 meter dan diletakan sepanjang jalur akses mobil pemadam kebakaran. Pasokan air untuk hidran halaman harus sekurang-kurangnya 2400 liter/menit pada tekanan 3,5 bar, serta mampu

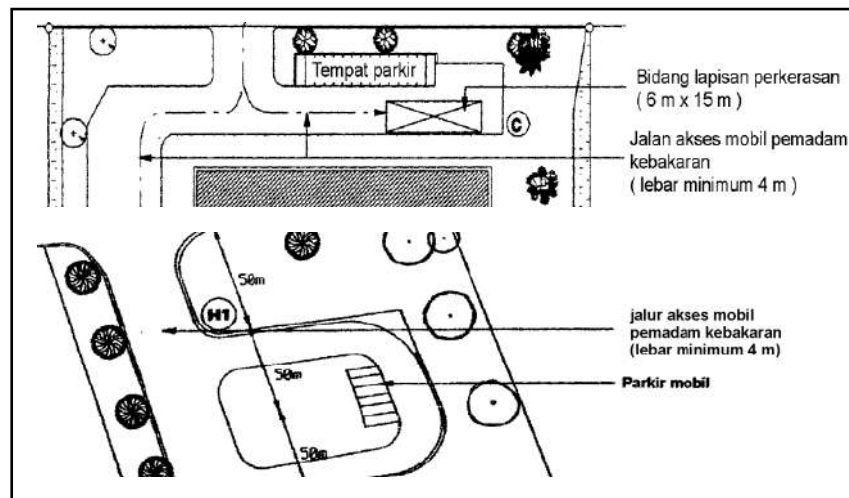
mengalirkan air minimal selama 45 menit.

2.2.1.4 Ketersediaan Ruang Terbuka

Ruang terbuka merupakan suatu kawasan pada sebuah bangunan yang bersifat terbuka dan terhubung langsung dengan jalanan umum. Penyediaan ruang-ruang tersebut berfungsi untuk mencegah dan meminimalkan risiko terjadinya kebakaran (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008). Akan tetapi sebaliknya, peningkatan kepadatan penduduk dan peningkatan penggunaan lahan pemukiman seringkali mengurangi adanya ruang terbuka (Kumar & Bhaduri, 2018).

Padahal, penanggulangan bencana utamanya harus menyediakan ruang terbuka sebagai tempat evakuasi atau titik kumpul. Titik kumpul untuk evakuasi pada suatu bencana harus dapat melayani masyarakat secara cepat dan efektif, sehingga dapat menjadi tempat berkumpulnya warga sekitar dan digunakan sebagai titik evakuasi sementara, dimana tempat tersebut dapat menciptakan kondisi yang mendukung bagi masyarakat untuk meneta (Nuryuningsih dkk., 2009).

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa ketika terjadi kebakaran, masyarakat dapat dengan aman untuk berpindah dari tempat darurat ke lokasi evakuasi yang aman hingga ke jalan maupun area terbuka yang ada di sekitarnya (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008). Dengan begitu ketersediaan ruang terbuka menjadi hal penting yang harus diperhatikan ketika terjadinya bencana kebakaran.



Gambar 2.11 Penyediaan lahan parkir di dalam *site*
 Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008

Selain sebagai tempat evakuasi, ruang terbuka juga berkaitan dengan ketersediaan area parkir yang dapat digunakan oleh pemadam kebakaran di lingkungan suatu kawasan (Gambar 2.11) (Rahman, 2003; Rahman 2004). Lokasi penempatan mobil pemadam kebakaran yang digunakan sebagai lahan parkir mobil tersebut menjadi hal yang harus diperhatikan pada saat sedang melakukan penyelamatan kebakaran oleh pemadam dan ketidaktersediaan lokasi parkir tersebut juga akan menjadi masalah bagi pemadam itu sendiri (Lestari dkk., 2011). Begitu pula pada Petunjuk Perencanaan Bangunan dan Lingkungan, untuk mencegah bahaya kebakaran pada bangunan rumah harus menyediakan tempat parkir yang memadai, sehingga dalam keadaan darurat dapat digunakan sebagai sirkulasi dan pelayanan pencegahan bahaya kebakaran (Wahyudi & Abidin, 2018).

Halaman dan ruang parkir harus cukup untuk kendaraan pemadam (panjang 10 - 15m) atau kendaraan mobil tangga (panjang 7 - 13 m) untuk berputar dan bergerak (Wahyudi dkk., 2013). Tidak hanya itu, ruang terbuka atau tanah lapang

memerlukan perkerasan. Ruang terbuka tanpa perkerasan akan membawa masalah tersendiri bagi kendaraan pemadaman karena suatu mobil dinas kebakaran pada saat melakukan tugasnya memerlukan landasan dengan kekuatan tertentu untuk menahan tekanan pada saat pemadaman berlangsung. Ruang terbuka yang berupa tanah lapang dibuatkan perkerasan di beberapa bagian yang dapat dimanfaatkan untuk landasan kendaraan pemadaman kebakaran (Mantra, 2005).

Secara keseluruhan berdasarkan teori yang terkait dengan ketersediaan ruang terbuka diatas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan ruang terbuka pada *site* termasuk hal yang penting, selain penting bagi para penghuni rumah untuk tempat evakuasi, ruang terbuka juga penting bagi para pemadam kebakaran untuk tempat memarkirkan mobil nya ketika sedang terjadi kebakaran, oleh karena itu ruang terbuka tidak hanya berpengaruh pada orang sekitar, namun juga berpengaruh pada para pemadam kebakaran yang sedang melakukan pertolongan.

Adapun ketentuan parkir untuk mobil pemadam yaitu memiliki luas yang cukup untuk kendaraan pemadam dengan ukuran panjang 10 - 15m atau kendaraan mobil tangga dengan ukuran panjang 7 - 13 m untuk berputar dan bergerak. Selain itu ruang tersebut juga memerlukan perkerasan , karena jika tidak akan menimbulkan masalah baru karena suatu mobil dinas kebakaran pada saat melakukan tugasnya memerlukan landasan dengan kekuatan tertentu untuk menahan tekanan pada saat pemadaman berlangsung. Dengan kata lain, luasan ruang terbuka yang disediakan untuk tempat parkir dan kondisi permukaan pada permukiman menjadi hal yang berpengaruh terhadap mobil pemadam ketika akan melakukan pertolongan pada bencana kebakaran.

2.2.1.5 Keberadaan Benda Mudah Terbakar

Kebakaran merupakan suatu peristiwa yang menyebabkan timbulnya api yang tidak diinginkan atau api yang tidak pada tempatnya. Peristiwa kebakaran tersebut pada dasarnya terbentuk oleh tiga unsur yaitu unsur bahan bakar atau bahan mudah terbakar, oksigen dan sumber panas (Muliawan & Sari, 2023). Adapun bahan mudah terbakar yang dapat menyebabkan timbulnya kebakaran diantaranya yaitu kayu, listrik, karet, kain, kertas, bensin, minyak, cat, dan peralatan-peralatan yang mudah terbakar (Tanubrata & Wiryopranoto, 2016).

Segala sesuatu yang terbakar adalah bahan bakar api. Bahan yang mudah terbakar dan jumlahnya cukup untuk menghasilkan bahan bakar atau menyebabkan kebakaran menyebar ke sumber bahan bakar lain harus diidentifikasi. Beberapa 'bahan bakar' yang paling umum ditemukan adalah tekstil (perabotan lembut dan pakaian), cairan dan pelarut yang mudah terbakar (*white spirit*, spirtus termetilasi, minyak goreng, pemantik api dan perekat sekali pakai), bahan kimia yang mudah terbakar (produk pembersih tertentu), yang menggunakan pelarut hidrokarbon, dekorasi musiman atau acara keagamaan, bahan pengemas (alat tulis), plastik dan karet, kaset video dan furnitur berlapis kain, bahan sisa, kertas robek, kayu, serutan, potongan, dan debu, gas yang mudah terbakar (*liquefied petroleum*) gas (LPG) dan (*aerosol*) dan vegetasi kering, rumput yang baru ditebang, atau hutan di sekitarnya (Fire Guide Scotland, 2017).

Penyimpanan barang di luar ruangan atau halaman juga harus diperhatikan. Antara bangunan dengan tempat penyimpanan barang yang mudah terbakar harus dipisahkan secara benar. Lorong diantara tempat penyimpanan juga harus dijaga

agar tidak terhalang dan bebas dari benda mudah terbakar lainnya . Pada dasarnya sampah juga dapat dikategorikan sebagai benda mudah terbakar yang berada di ruang luar, maka pembuangan sampah di halaman harus memenuhi persyaratan. Sebelum diangkut untuk dipindahkan ke tempat pembuangan akhir, sampah harus ditempatkan tidak kurang dari 6 m, dan sebaiknya 15 m dari bangunan, serta tidak kurang dari 15 m dari jalan umum dan sumber penyalaaan, seperti mesin pembakar sampah (*incinerator*). Sekeliling limbah tersebut harus ditutupi pagar yang aman dengan tinggi yang cukup agar tidak mudah terbakar. Limbah harus dikumpulkan dan dibuang secara berkala dari halaman bangunan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Suatu benda dikatakan mempunyai bahaya kebakaran yang tinggi apabila jumlah dan kandungan bahan mudah terbakarnya juga tinggi dan diperkirakan akan membesar dengan cepat serta mempunyai nilai kalor yang tinggi. Sedangkan jika jumlah dan kandungan bahan yang terbakar rata-rata, tinggi tumpukan bahan yang terbakar tidak lebih dari 3,7 m, maka api dapat berkembang pada tingkat sedang dan nilai emisi panas berada pada tingkat rendah. Rata-rata, risiko kebakaran dan ledakan adalah sedang (Primadi & Ima, 2017).

Sebagai tambahan dari pengaturan, kontrol kebiasaan merokok juga memerlukan tempat yang cukup untuk puntung rokok. pengendalian kebiasaan merokok juga memerlukan ruang yang cukup untuk puntung rokok. Asbak yang dirancang dengan buruk dapat berbahaya jika rokok atau cerutu yang menyala terguling, mengenai bahan yang mudah terbakar, dan terbakar dalam kondisi tertentu. Asbak harus terbuat dari bahan tidak mudah terbakar dan mempunyai alur

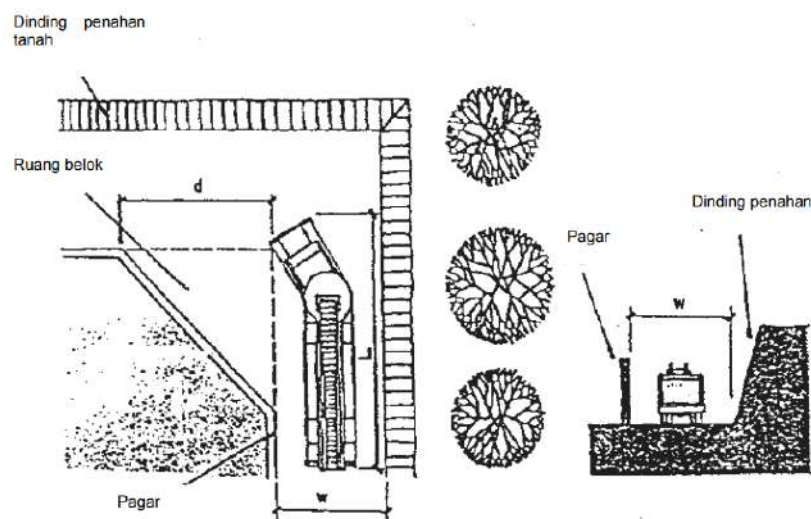
lekuk yang memegang sigaret dengan kuat, dan sisinya harus cukup curam untuk memaksa perokok menempatkan seluruh sigaret ke dalam asbak (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Secara keseluruhan berdasarkan teori-teori terkait dengan keberadaan benda mudah terbakar dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya keberadaan benda mudah terbakar yang ada di luar ruangan harus benar-benar diperhatikan. Antara bangunan dengan tempat penyimpanan barang yang mudah terbakar harus dipisahkan secara benar. Selain itu benda-benda tersebut juga dapat dibedakan berdasarkan benda yang dapat berpindah seperti pakaian, tabung gas LPG dan lain-lain serta benda yang tidak dapat berpindah seperti vegetasi, rumput dan lain-lain. Lorong diantara tempat penyimpanan juga harus dijaga agar tidak terhalang dan bebas dari benda mudah terbakar lainnya. Maka dari itu, peletakan benda-benda yang mudah terbakar tersebut juga harus diatur dengan benar, karena jika tidak, melalui benda-benda tersebut api dapat dengan mudah menyebar dan berpindah menuju ke benda maupun bangunan yang ada disekitarnya. Asap dan gas panas yang dihasilkan dari benda-benda tersebut akan juga akan berpengaruh terhadap penyalaan api ketika terjadinya kebakaran.

2.2.2 Aksesibilitas

Permasalahan yang ada pada *site* sering kali berkaitan dengan kemudahan pencapaian ke lingkungan pemukiman sekaligus ke bangunan yang ada di suatu permukiman tersebut (Rahman, 2003; Rahman 2004). Kemudahan pencapaian ke lingkungan pemukiman berkaitan dengan kondisi jalan dan lalu lintas dari pos pemadam kebakaran, karena hal tersebut memiliki dampak yang signifikan

terhadap kecepatan kendaraan pemadam kebakaran dan personel untuk mencapai lokasi penyelamatan (Chen dkk., 2020). Sedangkan kemudahan pencapaian ke bangunan berkaitan dengan kelengkapan tapak, yaitu akses di dalam *site* yang berupa jalan lingkungan (Gambar 2.12) (Rossydina & Prabawati, 2018; Mareta & Hidayat, 2020).



Gambar 2.12 Penataan lingkungan untuk proteksi kebakaran
Sumber : Utilitas Bangunan, 2013

Secara khusus, terdapat beberapa kajian terkait aksesibilitas truk pemadam kebakaran, layanan pemadam kebakaran lokal dan kapasitas perlindungan secara keseluruhan. Faktor-faktor penyusun kajian tersebut dapat dikalkulasi secara kuantitatif dari tingkat hambatan di jalan-jalan utama, jarak tempuh yang layak dari kendaraan pemadam kebakaran dan petugas pemadam kebakaran pada waktu tertentu (keberadaan PMK terdekat), serta cakupan dan intensitas proteksi kebakaran (Huang dkk., 2022). Sedangkan pada pendapat lainnya, terdapat dua aspek yang menjadi poin utama adalah lokasi stasiun pemadam kebakaran yaitu akses dan jangkauan layanan. Kemudahan mencapai tempat terjadinya keadaan

darurat dan jarak maksimum wilayah layanan stasiun pemadam kebakaran (Yao dkk., 2019).

Maka dari itu, adapun faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan keselamatan kebakaran yang berdampak pada peningkatan resiko kebakaran diantaranya yaitu kedekatan jarak dari pos pemadam kebakaran menuju ke lokasi kebakaran (keberadaan PMK terdekat) dan akses terbatas menuju ke bangunan. Adapun keterbatasan tersebut diakibatkan karena kondisi jalan yang sempit sehingga dapat menghambat kendaraan pemadam kebakaran menuju ke lokasi kebakaran (Durak dkk., 2011). Pada kasus jalan-jalan tua, hambatan bagi aksesibilitas mobil pemadam kebakaran adalah lebar dan tinggi jalan yang tidak memadai, kemiringan yang tidak tepat dan juga faktor pembatas (Huang dkk., 2022). Sementara itu, jalan lingkungan di desa pegunungan bersejarah sebagian besar sempit. Karena jalan sempit, mobil pemadam kebakaran sulit memasuki desa-desa tersebut. Oleh karena itu, meskipun mungkin ada pemadam kebakaran di sekitar desa pegungannya yang bersejarah, mungkin juga sulit untuk menggunakan mobil pemadam kebakaran sebagai sarana pendukung pemadam kebakaran (Li dkk., 2021).

Kondisi jalan menuju *site* atau struktur jaringan jalan untuk pemadam kebakaran juga memengaruhi kemampuan penyelamatannya. Biasanya terdapat banyak jalan yang menghubungkan pos pemadam kebakaran dan lokasi kebakaran. Akan tetapi bagi petugas pemadam kebakaran, bagaimana memilih jalur tercepat untuk mencapai lokasi kebakaran dapat menjadi masalah penting yang harus lebih diperhatikan. Dengan demikian, kepastian aksesibilitas dan kondisi siap operasi

berpengaruh dalam membantu mengurangi bahaya kebakaran terhadap bangunan dan penghuninya (Yuan dkk., 2018).

Akses mobil pemadam kebakaran harus disediakan dan dipelihara sesuai spesifikasi. Otoritas berwenang setempat (OBS) mempunyai wewenang untuk mengharuskan pemilik bangunan untuk menyediakan akses bagi pemadam kebakaran agar dapat melewati bagian pintu masuk atau pintu lokasi pemukiman dengan menggunakan peralatan atau sistem yang disetujui. Perubahan terhadap akses harus melakukan pemberitahuan ke pihak OBS terlebih dahulu untuk mengantisipasi manakala akses yang diubah tersebut bisa menghambat akses pemadam kebakaran ke lokasi bangunan gedung. Beberapa rute untuk mobil pemadam kebakaran juga diperbolehkan asalkan rute tersebut telah diidentifikasi oleh pihak berwenang (OBS) dengan pertimbangan bahwa jalan akses utama kurang bisa diandalkan akibat beberapa hal seperti kemacetan lalu lintas, kondisi ketinggian, kondisi iklim, dan faktor-faktor lainnya yang menghalangi akses tersebut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Sementara itu, untuk melakukan proteksi terhadap meluasnya kebakaran dan untuk memudahkan operasi pemadaman di dalam lingkungan bangunan, diperlukan jalan lingkungan dengan perkerasan agar dapat dilalui oleh kendaraan pemadam kebakaran (Salazar dkk., 2021). Adapun jalan akses pemadam kebakaran tersebut meliputi jalan kendaraan, jalan untuk pemadam kebakaran, jalan ke tempat parkir, atau kombinasi jalan-jalan tersebut. Dalam perencanaan keselamatan kebakaran, diperlukan adanya pertimbangan dalam menentukan standar jalan lingkungan karena jika tidak, jalan tersebut justru dapat berpotensi menimbulkan

faktor risiko lain, seperti terbatasnya akses menuju ke bangunan dan jalan yang sempit hingga berakibat pada peningkatan risiko terhadap bahaya kebakaran dalam perencanaan tata guna lahan (Durak dkk., 2011).

Setiap bangunan harus memiliki atau menyediakan jalan-jalan lingkungan dengan lebar & luas yang cukup untuk operasional kendaraan pemadam kebakaran. Kendaraan pemadam kebakaran harus dengan mudah berbelok, untuk itu perlu diperhatikan hubungan antara lebar jalan dengan radius belokan jalan (Wahyudi dkk., 2013). Namun, bertolak belakang dengan standar ideal tersebut, kondisi di beberapa daerah justru sering kali menghadapi permasalahan yang serius seperti terjadinya penurunan lebar jalan yang efektif sehingga berdampak pada resiko bencana kebakaran yang semakin tinggi (Kumar & Bhaduri, 2018).

Apabila jalan akses pemadam kebakaran tidak dapat dibangun karena beberapa alasan seperti lokasi, topografi, jalur air, ukuran-ukuran yang tidak dapat dinegosiasi, atau kondisi-kondisi semacam itu, maka pihak yang berwenang (OBS) dapat membuat persyaratan berupa penyediaan fitur proteksi kebakaran tambahan. Persyaratan lainnya yaitu melakukan pemasangan dan pemeliharaan pada gerbang atau penghalang-penghalang yang disetujui sepanjang jalan, jalan kecil atau jalan terusan lainnya, tidak termasuk jalan-jalan umum, gang untuk umum atau jalan besar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Dengan demikian setelah di kumpulkan beberapa pernyataan terkait dengan aksesibilitas pada sistem proteksi pasif berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka di dapatkan beberapa komponen yang nantinya juga akan

digunakan sebagai indikator pada penelitian ini. Adapun beberapa komponen tersebut akan disajikan pada tabel berikut ini (Tabel 2.4).

Tabel 2.4 Aksesibilitas pada sistem proteksi pasif

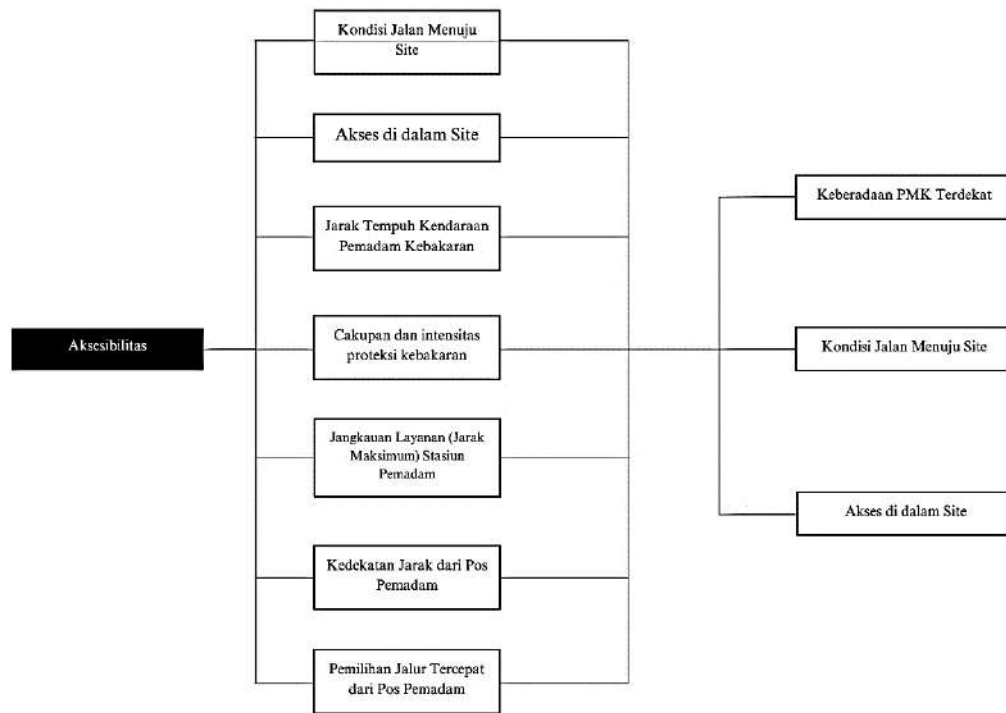
No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
1.	(Rahman, 2003)	- Kondisi jalan menuju <i>site</i> - Akses di dalam <i>site</i>	- Keberadaan PMK terdekat - Kondisi jalan menuju <i>site</i> - Akses di dalam <i>site</i>
2.	(Rahman 2004)	- Kondisi jalan menuju <i>site</i> - Akses di dalam <i>site</i>	
3.	(Chen dkk., 2020)	- Kondisi jalan menuju <i>site</i>	
4.	(Rossydina & Prabawati, 2018)	- Akses di dalam <i>site</i>	
5.	Mareta & Hidayat, 2020)	- Akses di dalam <i>site</i>	
6.	(Huang dkk., 2022)	- Kondisi jalan menuju <i>site</i> - Jarak tempuh kendaraan pemadam kebakaran - Cakupan dan intensitas proteksi kebakaran	
7.	(Yao dkk., 2019)	- Kemudahan akses/kondisi jalan menuju <i>site</i> - Jangkauan layanan (jarak maksimum) stasiun pemadam	
8.	(Durak dkk., 2011)	- Kedekatan jarak dari pos pemadam - Akses dalam <i>site</i> - Kondisi jalan menuju <i>site</i>	
9.	(Li dkk., 2021)	- Jalan lingkungan (akses dalam <i>site</i>)	

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
10.	(Yuan dkk., 2018)	- Kondisi jalan menuju <i>site</i> - Pemilihan jalur tercepat dari pos pemadam	
11.	(Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008)	- Kondisi jalan menuju <i>site</i> - Akses di dalam <i>site</i>	
12.	(Salazar dkk., 2021)	- Jalan lingkungan dengan perkerasan (akses dalam <i>site</i>)	
13.	(Wahyudi dkk., 2013)	- Jalan-jalan lingkungan (akses dalam <i>site</i>)	
14.	(Kumar & Bhaduri, 2018)	- Kondisi jalan lingkungan (akses dalam <i>site</i>)	

Berdasarkan Tabel 2.4 secara garis besar dapat disimpulkan bahwa aksesibilitas pada sistem proteksi pasif terdiri dari beberapa komponen diantaranya yaitu keberadaan pmk terdekat, kondisi jalan menuju *site*, dan akses di dalam *site*. Adapun tujuan utama desain aksesibilitas dalam sistem proteksi pasif kebakaran adalah selain untuk pengguna bangunan menyelamatkan diri, aksesibilitas seperti jalan-jalan yang tersedia akan digunakan oleh pemadam kebakaran untuk mencapai ke titik terjadinya peristiwa kebakaran maupun pada saat berada di dalam permukiman yang tertimpa bencana tersebut. Ketiga komponen aksesibilitas yang terpilih menjadi faktor yang berpengaruh terhadap keselamatan baik itu terkait *life safety* maupun *property safety*, karena jika ketiganya memiliki kondisi yang tidak baik, maka kemungkinan nyala api akan semakin sulit untuk dipadamkan, sehingga dapat menyebabkan hangusnya bangunan-bangunan yang ada, terlebih lagi seperti

bangunan tradisional.

Jika disajikan dalam bentuk skema (Gambar 2.13), maka komponen dari desain *site* adalah sebagai berikut.



Gambar 2.13 Komponen aksesibilitas

Sama seperti tabel sebelumnya (Tabel 2.4), melalui skema tersebut dapat diketahui bahwa terdapat beberapa komponen aksesibilitas diantaranya yaitu Keberadaan PMK terdekat, Kondisi jalan menuju *site*, dan Akses di dalam *site* (Gambar 2.13).

2.2.2.1 Keberadaan PMK terdekat

Jarak jangkauan pos pemadam kebakaran adalah luasan jangkauan pelayanan oleh pos pemadam kebakaran (Purwanti, 2015). Jangkauan pelayanan pos pemadam (JPMK) memiliki pengaruh (*influence*) yang sangat tinggi, karena rawan

atau tidak suatu kawasan, sangat ditentukan oleh keberadaan lokasi pos pemadam kebakaran (Sugianto & Buchori, 2020). Layanan stasiun pemadam kebakaran, biasanya ditentukan oleh jarak maksimum (misalnya 2 atau 3 km) dari stasiun ke suatu kejadian. Di antara berbagai faktor yang relevan dengan lokasi stasiun pemadam kebakaran, akses dan jangkauan layanan diprioritaskan (Yao dkk., 2019). Jarak jangkauan pos pemadam dapat dikatakan ‘sangat sesuai’ apabila letak pos berada di dalam buffer yang jarak jangkauannya $\leq 1,75$ km dan dapat dikatakan sesuai apabila letak pos berada di dalam buffer pada jarak jangkauan antara 1,76 - 3,5 km, sedangkan pos yang jaraknya $>3,5$ km atau di luar jangkauan maka dikatakan ‘tidak sesuai’ (Purwanti, 2015). Jika mengikuti standar Hirarki Pos Pemadam Kebakaran, 1 (satu) pos kebakaran maksimal melayani 3 (tiga) kelurahan atau sesuai dengan wilayah layanan penanggulangan kebakaran, pada pos kebakaran maksimal ditempatkan 2 (dua) regu jaga (PUPR, 2022). Jika standar tersebut tidak terpenuhi maka perlu dilakukan peningkatan kapasitas dengan penambahan Pos PMK (Sugianto & Buchori, 2020).

Aspek penting yang dapat menunjukkan kinerja pemadam kebakaran itu sendiri adalah kecepatan pemadaman api, di sini kecepatan respon sangat dipengaruhi oleh waktu yang dibutuhkan petugas pemadam kebakaran untuk mencapai lokasi kebakaran. Pada dasarnya, ada banyak hal yang secara langsung dapat mempengaruhi waktu kedatangan petugas pemadam kebakaran, diantaranya yaitu jarak, kecepatan petugas pemadam kebakaran, waktu kejadian, kondisi lalu lintas dan rute yang dilewati. Penentuan waktu tercepat atau terbaik merupakan salah satu bentuk optimalisasi suatu kegiatan tertentu yang melibatkan proses

pergerakan atau transportasi. Dalam menentukan rute tercepat harus diperhitungkan waktu tempuh setiap alternatif rute dan memperhitungkan tingkat kemacetan lalu lintas pada rute tersebut (Hariani & Astor, 2021).

Pada negara Indonesia, waktu tanggap pemadam kebakaran terhadap laporan kebakaran tidak boleh lebih dari 15 (lima) menit. Jangka waktu yang dimulai dari waktu dari pos pemadam kebakaran sampai ke pos pemadam kebakaran, sejak diterimanya pemberitahuan kebakaran di lokasi kejadian, penentuan lokasi kebakaran, pemberian informasi mengenai benda yang terbakar, serta penyiapan pasukan dan alat pemadam kebakaran. waktu mulai pemasangan peralatan di lokasi hingga selesainya penyemprotan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2009). Layanan stasiun pemadam kebakaran, biasanya ditentukan oleh waktu perjalanan (misalnya 4 atau 5 menit) dari stasiun ke suatu kejadian (Yao dkk., 2019). Penggunaan waktu tempuh sesuai persyaratan waktu tanggap darurat 15 menit, time rate yang digunakan untuk mensimulasi adalah 5 dan 10 menit, karena sisa waktunya akan digunakan untuk melakukan pemadaman di lapangan. Waktu tempuh 5 menit, Ini batas waktu terbaik ketika mobil pemadam mampu menjangkau lokasi kebakaran dari pos (Sugianto & Buchori, 2020).

Diasumsikan bahwa dalam kondisi lalu lintas normal (biru), truk pemadam kebakaran dapat melaju dengan kecepatan normal atau rata-rata 56 km/jam (35 mph). Dalam lalu lintas padat (*orange*), truk pemadam kebakaran harus mempertahankan kecepatan minimum 32 km/jam (20 mph). Sedangkan pada kondisi lalu lintas yang sangat padat (merah), kecepatan mobil pemadam kebakaran dianggap setengah dari kecepatan minimum, yaitu 16 km/jam (10 mph) (Hariani &

Astor, 2021).

Selain waktu tempuh dan kondisi lalu jalan, standar pelayanan juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap penilaian penyelenggaraan pelayanan kepada masyarakat. Akan tetapi terkadang beberapa permasalahan muncul terkait dengan pelayanan pemadaman kebakaran oleh unit pelaksana teknis dinas pemadam kebakaran diantaranya yaitu kurangnya efisiensi dari pelayanan tersebut. Permasalahan tersebut terlihat dari berbagai indikator, terutama kurangnya ketersediaan peralatan pemadam kebakaran, kurangnya petugas lapangan, tidak maksimalnya penerapan standar operasional prosedur (SOP) pencegahan dan penanganan bahaya kebakaran, yang idealnya ada 6 (enam) petugas dalam 1 (satu) mobil pemadam (Damayanti dkk., 2021).

Secara keseluruhan berdasarkan teori-teori terkait dengan keberadaan PMK terdekat dapat disimpulkan bahwa keberadaan PMK tersebut menjadi hal yang penting, dimana kecepatan penanganan sangat dipengaruhi oleh waktu tempuh unit pemadam kebakaran, apabila jarak tempuh mobil pemadam tersebut dekat, dan lalu lintas juga tidak ada hambatan, maka akan mempercepat waktu evakuasi dan pemadaman api pada bangunan yang terkena bencana kebakaran tersebut, dan jika jarak pemadam jauh dan kondisi lalu lintas padat maka waktu pemadam menuju lokasi kebakaran akan memakan waktu yang lama dan yang dikhawatirkan adalah keterlambatan penanganan pada bangunan yang terbakar. Permasalahan lain juga berfokus pada jumlah armada kebakaran, karena apabila armada tidak memadai maka upaya pemadaman tidak dapat dilakukan secara maksimal.

2.2.2.2 Kondisi jalan menuju *site*

Secara umum, tindakan penanggulangan seperti pelebaran jalan sempit berguna untuk meningkatkan keselamatan kebakaran (Akimoto dkk., 2007). Selain itu, medan jalan juga berpengaruh, jalan pegunungan yang sempit dapat mempersulit mobil pemadam kebakaran memasuki kawasan-kawasan tersebut (Li dkk., 2021). Selain sempit, permukaan jalan di pegunungan biasanya juga masih tidak memiliki perkerasan atau bisa dikatakan bahwa permukaannya masih alami berasal dari tanah, dan apabila terjadi hujan permukaan jalan tersebut akan menjadi licin (Gambar 2.14).



Gambar 2.14 Kondisi jalan sempit

Ditambah lagi dengan kondisi topografi di Indonesia yang memiliki banyak kontur pegunungan (Bronto, 2006) , begitu pula dengan beberapa jalan di daerah perbukitan yang sudah ada saat ini berkelok-kelok dan terkadang tidak jarang dijumpai jalan dengan alinyemen vertikal yang ekstrem. Kondisi jalan tersebut secara umum akan relatif lebih rentan terhadap kecelakaan (Afifi, 2018). Dengan kondisi jalan seperti itu dapat menyusahakan mobil pemadam yang hendak melakukan pertolongan terhadap bencana kebakaran di suatu pemukiman tersebut.

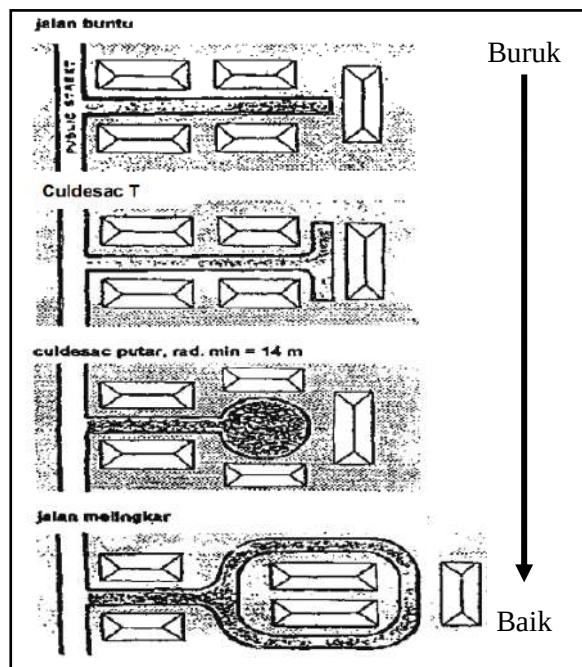
Ketentuan aksesibilitas yang efektif untuk penyelamatan kebakaran merupakan persyaratan dasar di desa-desa berpenduduk, dan diperlukan persyaratan yang lebih tinggi dibandingkan bangunan biasa selama intervensi kebakaran, seperti lebar jalan untuk akses kendaraan pemadam kebakaran tidak boleh kurang dari 3,5 m. Jalan dapat dianggap sebagai daerah penyangga, serta jalur evakuasi bagi penghuni bangunan (Yuan dkk., 2018).

Jalur akses pemadam kebakaran juga bisa disediakan lebih dari satu apabila telah ditentukan oleh OBS dengan pertimbangan bahwa jalan akses tunggal kurang bisa diandalkan karena berbagai faktor seperti kemacetan lalu lintas, kondisi ketinggian, kondisi iklim, dan faktor-faktor lainnya yang bisa menghalangi akses tersebut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Secara keseluruhan berdasarkan teori-teori terkait kondisi jalan menuju *site* dapat disimpulkan bahwa kondisi jalan tersebut menjadi salah satu hal yang berpengaruh terhadap kelancaran perjalanan mobil pemadam menuju lokasi kebakaran, kondisi itu dapat dilihat dari segi dimensi, topografi, dan kondisi permukaan pada permukaan jalan. Terlebih lagi pada jalan yang berada di daerah pegunungan, hal itu akan menjadi perhatian khusus terhadap akses mobil pemadam kebakaran yang akan melintasi jalan tersebut, karena apabila jalan yang tersedia tidak baik maka pertolongan yang akan dilakukan juga akan semakin lama akibat adanya hambatan yang mungkin dapat terjadi dan akan mempersulit mobil kebakaran tersebut.

2.2.2.3 Akses di dalam *site*

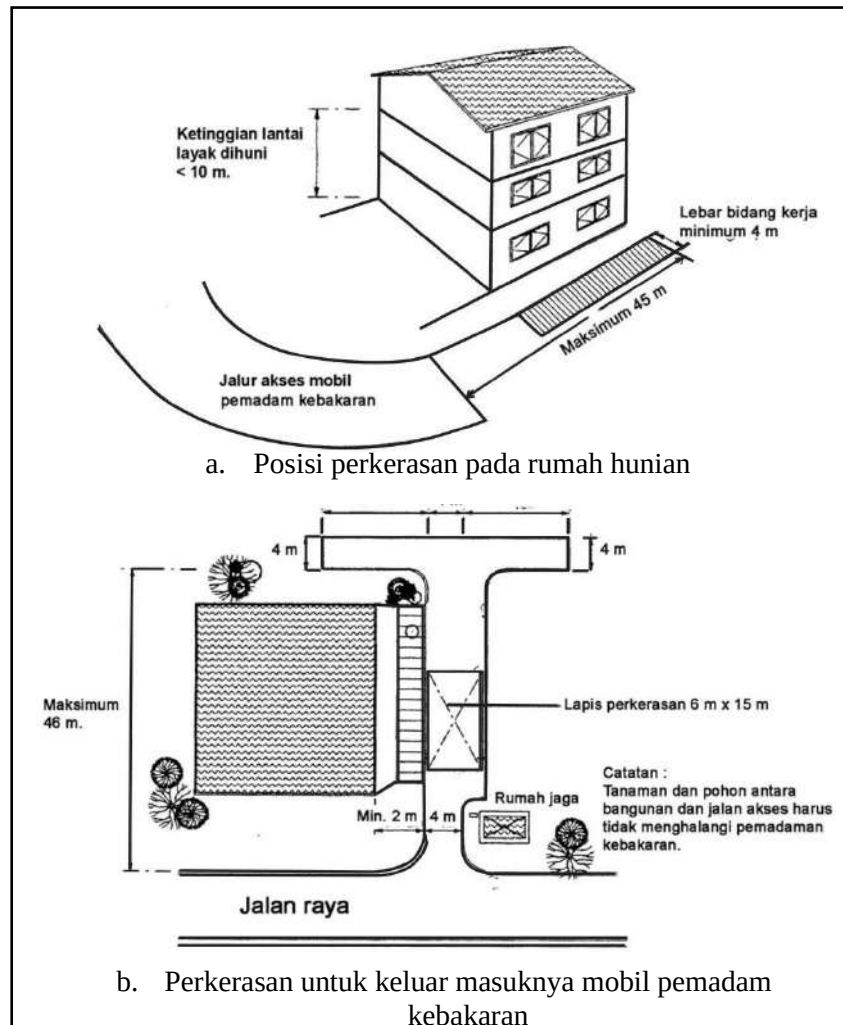
Sebagai proteksi terhadap meluasnya kebakaran dan upaya untuk memudahkan operasi pemadaman, maka di dalam lingkungan bangunan harus tersedia jalan lingkungan (Wibisono & Islamy, 2017; Rossydina & Prabawati, 2018; Muhammad & Sufianto, 2018; Mareta & Hidayat, 2020). Jalan lingkungan menjadi hal yang harus diperhatikan, khususnya pada pencegahan dan penanggulangan kebakaran (Damayanti & Ningrum, 2021).



Gambar 2.15 Model jalan lingkungan
Sumber : Utilitas Bangunan, 2013

Diantara beberapa jenis model jalan lingkungan yang ada (Gambar 2.15), dapat dilihat tanda panah yang ada disamping gambar menunjukkan bahwa semakin kebawah maka akan semakin baik model jalan lingkungan yang ada di dalam suatu pemukiman, khususnya terkait dengan aksesibilitas untuk pemadam ketika berada di dalam lingkungan tersebut. Jalan yang buruk merupakan jalan buntu yang tidak

memiliki putaran, sedangkan jalan yang baik merupakan jalan yang memiliki putaran, sehingga mobil pemadam dapat dengan mudah mengakses jalan tersebut.

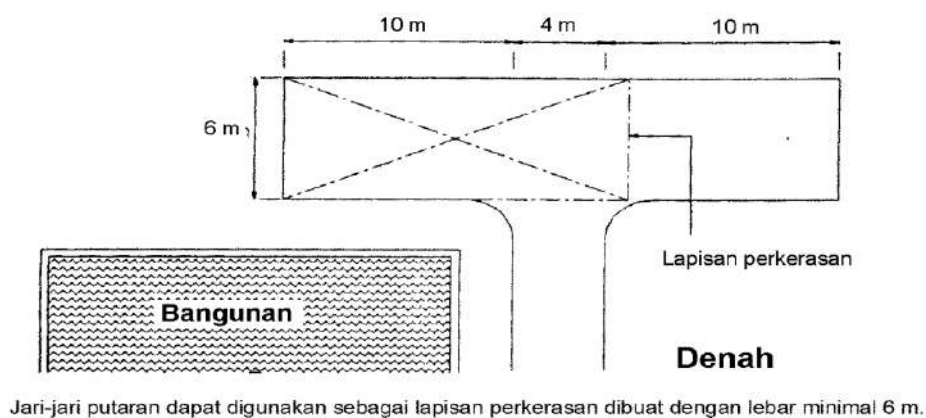


Gambar 2.16 Perkerasan pada akses dalam *site*
Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008

Jalan lingkungan harusnya juga tersedia dengan perkerasan (Gambar 2.16), tujuannya agar dapat dilalui oleh kendaraan pemadam kebakaran. Selain itu jalan yang digunakan sebagai akses untuk kendaraan pemadam kebakaran juga harus terpelihara sesuai dengan persyaratan teknis yang telah diatur dalam peraturan yang meliputi jalan kendaraan, jalan untuk pemadam kebakaran, jalan ke tempat parkir

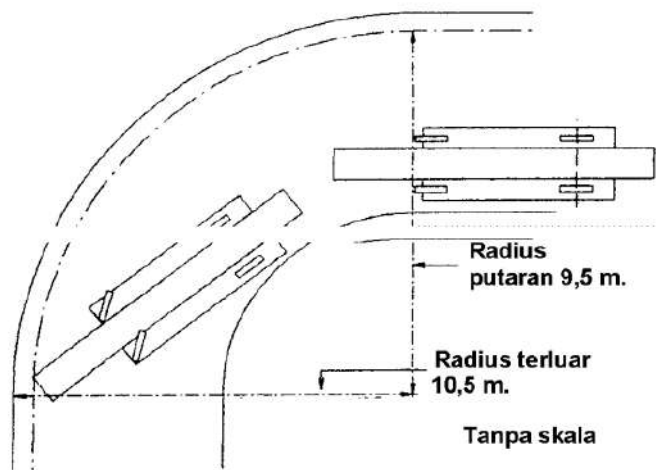
atau kombinasi jalan-jalan tersebut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008; Salena, 2019).

Lebar lapisan perkerasan minimal 6 meter sedangkan panjangnya minimal 15 meter. Bagian lain seperti jalur masuk yang digunakan untuk lewat mobil pemadam kebakaran harus memiliki lebar yang cukup dengan ukuran lebarnya tidak boleh kurang dari 4 meter, ditempatkan sedemikian agar tepi terdekat tidak kurang dari 2 meter atau lebih dari 10 meter dari pusat posisi akses pemadam kebakaran . Pengukuran dilakukan secara horizontal, dibuat dari metal, paving blok, atau lapisan yang diperkuat agar dapat menyangga beban peralatan pemadam kebakaran dan dibuat sedatar mungkin dengan kemiringan tidak boleh lebih dari 1 : 8,3. Selanjutnya lapis perkerasan dan jalur akses tidak boleh melebihi 46 m dan bila melebihi 46 harus diberi fasilitas belokan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).



Gambar 2.17 Contoh fasilitas belokan untuk mobil pemadam kebakaran
Sumber : (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008)

Sementara itu persyaratan lain terkait dengan aksesibilitas untuk mobil kebakaran yaitu area sekitar bangunan juga harus memiliki putaran balik untuk aparat pemadam kebakaran serta akses masuk ke dalam bangunan tersebut (Gambar 2.17). Otoritas berwenang setempat menentukan dan membuat jalur masuk aparat pemadam kebakaran ke lokasi sumber air termasuk perkerasan jalan, belokan, jalan penghubung, jembatan, pada berbagai kondisi alam sesuai dengan ketentuan standar konstruksi yang berlaku (Permen PU, 2009).



Gambar 2.18 Radius terluar untuk belokaan yang dapat dilalui
Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008

Radius terluar dari belokan pada jalur masuk tidak boleh kurang dari 10,5 m dan harus memenuhi persyaratan (Gambar 2.18). Tinggi ruang bebas di atas lapis perkerasan atau jalur masuk mobil pemadam minimum 4,5 m untuk dapat dilalui peralatan pemadam tersebut. Jalan umum boleh digunakan sebagai lapisan perkerasan (*hard-standing*) asalkan lokasi jalan tersebut sesuai dengan persyaratan jarak dari bukaan akses pemadam kebakaran (*access openings*). Lapis perkerasan harus selalu dalam keadaan bebas rintangan dari bagian lain bangunan gedung, pepohonan, tanaman atau lain tidak boleh menghambat jalur antara perkerasan

dengan bukaan akses pemadam kebakaran (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

Jalan lingkungan yang dibutuhkan adalah jalan dengan lebar minimum 3,5 meter, dan harus bebas dari segala hambatan apapun yang dapat mempersulit masuk keluarnya mobil pemadam saat terjadinya kebakaran (PUPR, 2022). Setiap bangunan juga harus menyediakan perkerasan yang ditempatkan sedemikian rupa, sehingga mobil pemadam dapat langsung mencapai ke bangunan. Perkerasan tersebut harus bisa mengakomodasi jalan masuk dan manuver mobil pemadam, snorkel, mobil pompa, dan mobil tangga dan platform hidrolik, serta mempunyai spesifikasi tertentu (Maulinda dkk., 2018).

Lebar minimum lapis perkerasan 6 m dan panjang minimum 15 m. Bagian-bagian lain dari jalur masuk yang digunakan untuk lewat mobil pemadam kebakaran, lebarnya tidak boleh kurang dari 4 m. Lapis perkerasan harus ditempatkan sedemikian agar tepi terdekat tidak boleh kurang dari 2 m atau lebih dari 10 m dari pusat posisi bukaan akses pemadam kebakaran diukur secara horisontal. Kemudian, lapis perkerasan harus dibuat sedatar mungkin dengan kemiringan tidak boleh lebih dari 1 : 15, sedangkan kemiringan untuk jalur masuk maksimum 1 : 8,3. Selanjutnya, lapis perkerasan dari jalur akses tidak boleh melebihi 46 m dan bila melebihi 46 m harus diberi fasilitas belokan. Berikutnya, radius terluar dari belokan pada jalur masuk tidak boleh kurang dari 10,5 m dan harus memenuhi persyaratan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008; Maulinda dkk., 2018).

Lebar lapisan perkerasan jalan minimal 6 meter, panjang minimal 15 meter, serta ruas jalan lain yang dilalui mobil pemadam kebakaran tidak kurang dari 4 meter. Selain itu lapis perkerasan harus ditempatkan sedemikian rupa agar tepi terdekat tidak boleh kurang dari 2 meter atau lebih dari 10 meter dari pusat posisi bukaan akses pemadam kebakaran diukur secara horisontal. Selanjutnya lapis perkerasan harus dibuat sedatar mungkin dengan kemiringan tidak melebihi perbandingan 1:15, sedangkan kemiringan untuk jalur masuk memiliki perbandingan maksimal sebesar 1:8,3. Selanjutnya, lapis perkerasan dari jalur akses tidak boleh melebihi 46 m dan apabila melebihi 46 m harus diberi fasilitas belokan. Berikutnya, radius terluar dari belokan pada jalur masuk tidak boleh kurang dari 10,5 m dan harus memenuhi persyaratan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008; Maulinda dkk., 2018).

Pada keempat sudut area lapis perkerasan untuk mobil pemadam kebakaran harus diberi tanda. Penandaan sudut-sudut pada permukaan lapis perkerasan harus dari warna yang kontras dengan warna permukaan tanah atau lapisan penutup permukaan tanah. Area jalur akses pada kedua sisinya harus ditandai dengan bahan yang kontras dan bersifat reflektif sehingga jalur masuk dan lapis perkerasan dapat terlihat pada malam hari. Penandaan tersebut diberi jarak antara tidak melebihi 3 m satu sama lain dan harus ditempatkan pada kedua sisi jalur (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008; Maulinda dkk., 2018).

Selain itu, adanya gang kebakaran juga merupakan salah satu cara memberi keselamatan kepada pengunjung. Gang kebakaran juga berfungsi sebagai jalur evakuasi pada saat terjadi kebakaran dan juga berfungsi sebagai akses kepada

petugas pemadam kebakaran agar lebih mudah dan cepat mencapai lokasi kebakaran (Pohan dkk., 2012).

Secara keseluruhan berdasarkan teori-teori terkait dengan akses di dalam *site* dapat disimpulkan bahwa akses tersebut menjadi hal yang harus diperhatikan agar mobil pemadam dapat dengan mudah mengakses lokasi kebakaran. Adapun akses di dalam *site* seperti jalan lingkungan yang dibutuhkan adalah jalan dengan lebar minimum 3,5 meter, dan harus bebas dari segala hambatan apapun yang dapat mempersulit masuk keluarnya mobil pemadam saat terjadinya kebakaran.

Untuk melakukan proteksi terhadap meluasnya kebakaran dan memudahkan operasi pemadaman, maka di dalam lingkungan bangunan harus tersedia jalan lingkungan dengan perkerasan agar dapat dilalui oleh kendaraan pemadam kebakaran. Lebar minimum lapis perkerasan 6 m dan panjang minimum 15 m. Selain perkerasan, radius terluar dari belokan pada jalur masuk juga tidak boleh kurang dari 10,5 m dan harus memenuhi persyaratan dari yang sudah di jelaskan pada teori diatas. Dengan kata lain, hal-hal yang harus diperhatikan pada akses di dalam *site* antara lain yaitu keberadaan obstakel (hambatan) dan akomodasi manufer.

2.2.3 Struktur Bangunan

Proteksi kebakaran struktural juga harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa jika terjadi kebakaran di dalam bangunan, daya dukung atau stabilitas bangunan akan terus berfungsi sampai semua penghuni dapat menyelamatkan diri, atau dibantu untuk melarikan diri, dari bangunan (Fire Guide

Scotland, 2017). Bangunan biasanya diwajibkan memenuhi tiga kriteria untuk persyaratan desain struktur 'tahan api' secara konvensional yang mencakup isolasi yang cukup dari api untuk sisi yang berhadapan dengan tetangga, daya dukung beban atau stabilitas untuk mencegah terjadinya keruntuhan dan integritas untuk mencegah lewatnya gas panas atau nyala api (Wiesner dkk., 2017).

Sedangkan untuk sistem proteksi pasif (SPP) digunakan untuk melindungi bangunan dari kebakaran melalui ketahanan struktur bangunan terhadap api. Dalam merancang struktur bangunan tahan api harus mempertimbangkan persyaratan struktur bangunan (*fire rated construction*) untuk mencapai tingkat ketahanan api. Persyaratan tersebut antara lain memenuhi berbagai faktor seperti faktor stabilitas struktur (*stability*), faktor ketahanan terhadap penetrasi panas (*isolasi*) dan faktor ketahanan retakan akibat panas (*terintegrasi*) (Suprpto, 2007).

Persyaratan integritas struktural saat kebakaran bertujuan untuk menghindari keruntuhan struktural dan menjaga kemampuan elemen pemisah ruangan dalam mencegah penyalaan dan penyebaran api ke ruang yang berdekatan (Buchanan & Abu, 2017; Asgary dkk., 2010). Ada berbagai pendekatan yang dapat dilakukan untuk menerapkan desain integritas struktur terhadap bahaya kebakaran, yaitu klasifikasi berdasarkan uji ketahanan api standar seperti pada ISO 834, kombinasi pengujian dan perhitungan berdasarkan *performance-based* (berbasis kinerja) berdasarkan simulasi kebakaran nyata (Anderberg, 2011). Maka dari itu pada sistem proteksi pasif, kemampuan integritas bahan struktur (*fire resistance*) selama terjadinya kebakaran menjadi hal yang dipertimbangkan, ketika akan melakukan perencanaan pada struktur bangunan (Rahman, 2003).

Sementara itu, penggunaan kayu sebagai material struktural pada bangunan bertingkat seringkali terbatas karena sifatnya yang mudah terbakar (Dârmon & Lalu, 2019). Pada kayu, ketika suhu naik hingga mencapai suhu kritis, Fluks panas api kemudian menambah sumber panas pada permukaan kayu yang dapat mempercepat proses pembakaran. Konduktivitas termal kayu lunak meningkat lebih cepat dibandingkan kayu keras ketika kadar air meningkat, sehingga kayu memiliki kemampuan menghantarkan panas atau disebut juga dengan konduktivitas (Shi, 2023).

Secara umum, standar integritas pada suatu komponen struktur dihitung melalui waktu dalam satuan menit, sebelum api menembus elemen struktur dan mengganggu stabilitas struktur hingga menyebabkan keruntuhan bangunan sebagai akibat dari adanya deformasi berlebihan (Dârmon & Lalu, 2019). Selain integritas, stabilitas juga merupakan faktor penting bagi kelangsungan suatu bangunan, Adapun elemen pendukungnya dapat berupa struktur kolom dan balok. Perannya saat ini sangat penting bagi keselamatan kebakaran dan stabilitas struktural (Yuan dkk., 2018).

Daerah yang rentan terhadap bahaya kebakaran pada dasarnya memiliki bangunan dengan struktur yang berada di bawah standar atau strukturnya dapat dikatakan tidak aman. Maka dari itu, perkembangan struktur pada bangunan harus dikontrol oleh ketinggian bangunan dan ambang batas area terbangun (Kumar & Bhaduri, 2018). Begitu pula dengan peraturan desain saat ini di seluruh dunia yang menetapkan batasan ketinggian maksimum bangunan dan membatasi jumlah kayu yang terbuka . Alasannya yaitu karena kayu memiliki sifat yang mudah terbakar

dan pemenuhan terhadap persyaratan standar bagi kestabilan struktural untuk tahan terhadap kebakaran selama jangka waktu tertentu sebelum struktur tersebut runtuh (Emberley dkk., 2016).

Untuk mengetahui tingkat stabilitas pada struktur, diperlukan sebuah pengujian. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk memvalidasi pendekatan probabilitas kapasitas dukung struktur bangunan terhadap beban. Uji kebakaran dilakukan dengan menghitung kekuatan lentur atau defleksi dan durasi bertahannya struktur sebelum runtuh (Fahrni dkk., 2017), dan selama terjadi kebakaran, apabila struktur bangunan memiliki kekuatan dan stabilitas untuk dapat bertahan dalam jangka yang lama , maka akan memungkinkan evakuasi terlaksana dengan maksimal sebelum bangunan tersebut runtuh (Chow, 2005; Jelenewicz, 2008).

Dengan demikian setelah di kumpulkan beberapa pernyataan terkait dengan struktur pada sistem proteksi pasif berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka di dapatkan beberapa komponen yang nantinya juga akan digunakan sebagai indikator pada penelitian ini. Adapun beberapa komponen tersebut akan disajikan dalam tabel berikut (Tabel 2.5).

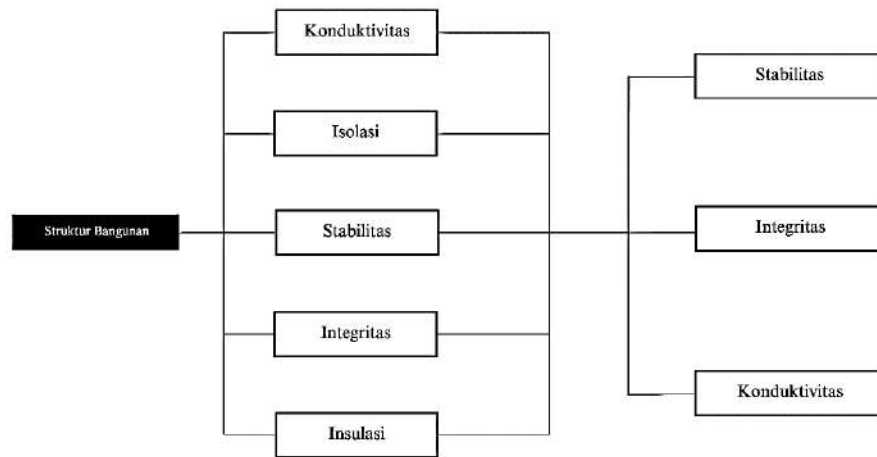
Tabel 2.5 Struktur pada sistem proteksi pasif

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
1.	(Wiesner dkk., 2017)	- Konduktivitas - Isolasi - Stabilitas - Integritas	- Stabilitas - Integritas - Konduktivitas
2.	(Suprpto, 2007)	- Stabilitas - Insulasi - Integritas	
3.	(Buchanan & Abu,	- Integritas	

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
	2017)	- Konduktivitas	
4.	(Asgary dkk., 2010)	- Integritas - Konduktivitas	
5.	(Anderberg, 2011)	- Integritas	
6.	(Rahman, 2003)	- Integritas	
7.	(Jelenewicz, 2008)	- Stabilitas	
8.	(Dârmon & Lalu, 2019)	- Integritas - Stabilitas	
9.	(Shi, 2023)	- Konduktivitas	
10.	(Yuan dkk., 2018)	- Stabilitas	
11.	(Emberley dkk., 2016)	- Konduktivitas - Stabilitas	
12.	(Fahrni dkk., 2017)	- Stabilitas	
13.	(Chow, 2005)	- Stabilitas	
14.	(Fire Guide Scotland, 2017)	- Stabilitas	

Berdasarkan Tabel 2.5 secara garis besar dapat disimpulkan bahwa struktur bangunan pada sistem proteksi pasif terdiri dari beberapa komponen diantaranya yaitu konduktivitas, stabilitas, integritas, isolasi dan insulasi. Namun pada penelitian ini hanya berfokus pada tiga komponen saja diantaranya yaitu konduktivitas, stabilitas, dan integritas. Semakin lama struktur bangunan dapat bertahan dalam kebakaran maka semakin baik sebelum bangunan itu runtuh, karena keruntuhan bangunan adalah hal yang paling dihindari pada peristiwa kebakaran permukiman tradisional, mengingat bahwa bangunan yang ada di permukiman tradisional pada umumnya terbuat dari kayu yang memiliki sifat mudah terbakar dan dapat menghantarkan panas, sedangkan keselamatan properti sangat penting mengingat nilai seni dan historis dari permukiman yang hendak dipertahankan.

Jika disajikan dalam bentuk skema (Gambar 2.19), maka komponen dari struktur bangunan adalah sebagai berikut.



Gambar 2.19 Komponen struktur bangunan

Sama seperti tabel sebelumnya (Tabel 2.5) , melalui skema tersebut dapat diketahui bahwa terdapat beberapa komponen struktur bangunan diantaranya yaitu Stabilitas, Integritas, dan Konduktivitas (Gambar 2.19).

2.2.3.1 Stabilitas

Ketika merancang struktur bangunan agar aman dari risiko kebakaran ledakan, terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan, termasuk jenis struktur yang dirancang sesuai dengan jenis bahan pembuatnya dan persyaratan ketahanan api dari komponen-komponennya (struktur tahan api) untuk mencapai tingkat ketahanan api (TKA) yang mencakup beberapa unsur salah satunya mencakup faktor stabilitas struktur (stability) (Suprpto, 2007).

Stabilitas struktural merupakan faktor penting bagi kelangsungan bangunan terutama pada bangunan bersejarah (Yuan dkk., 2018). Hal itu dikarenakan

konstruksi bangunan sejarah pada umumnya terdiri dari rangka kayu, sehingga memiliki resiko kebakaran yang tinggi (Durak dkk., 2011). Elemen kayu yang banyak terdapat pada bangunan dianggap sebagai beban bahan bakar dalam teknik keselamatan kebakaran (Yuan dkk., 2018). Pada peristiwa kebakaran, ketika api menyebar di dalam bangunan dengan konstruksi kayu, struktur akan runtuh sepenuhnya (Durak dkk., 2011). Kolom dan balok kayu di bangunan bersejarah umumnya merupakan elemen struktur. Sehingga, kondisi ini sangat penting bagi keselamatan kebakaran karena menyangkut dalam hal stabilitas struktural (Yuan dkk., 2018).

Konstruksi rangka kayu memiliki resiko kebakaran yang tinggi karena didalamnya terdapat lubang-lubang. Debu yang mudah terbakar dan partikel sisa yang mengisi lubang ini dapat menyebabkan pecah dan menyebarnya api dengan cepat. Lubang-lubang ini harus diisi untuk mengurangi risiko kebakaran. Pada struktur atap, jika terjadi penyalan partikel debu yang terkumpul di ruang terbuka yang luas di loteng dan struktur atap, api dapat dengan mudah menyebar (Durak dkk., 2011).

Secara umum, standar ketahanan api suatu komponen struktur mewakili waktu, dalam hitungan menit, sebelum elemen tersebut runtuh akibat deformasi berlebihan yang disebabkan oleh aksi kebakaran sebagai beban tak disengaja (Chorlton & Gales, 2020). Tingkat ketahanan api suatu struktur diukur dalam hitungan menit dan ditentukan oleh lamanya memikul beban (kemampuan struktur untuk bertahan) atau kemampuan struktur untuk mempertahankan kestabilan dalam keadaan kebakaran hingga struktur tersebut runtuh. Tingkat ketahanan api yang diterapkan

pada bagian struktur atau bagian lain pada bangunan harus mempunyai tingkat ketahanan api yang sesuai dengan bagian struktur atau bagian lainnya tersebut. Pengamatan, pelaksanaan pengujian, dan penilaian hasil uji dilakukan berdasarkan ketentuan dan standar uji yang berlaku. Evaluasi dilakukan dengan mengacu kepada hasil pengujian yang telah dilakukan oleh lembaga uji yang terakreditasi baik di dalam negeri ataupun di luar negeri (Kementerian PU, 2008).

Ketahanan struktur terhadap api bertujuan untuk menjamin terciptanya bangunan yang mampu menahan beban yang disebabkan baik oleh alam maupun perilaku manusia itu sendiri pada saat terjadinya kebakaran, selain itu juga untuk menjamin bahwa bangunan yang dibangun memiliki struktur yang stabil pada saat terjadi kebakaran, sehingga para penghuni memiliki waktu yang cukup untuk mengungsi dengan aman. Begitu pula dengan petugas pemadam kebakaran yang tiba di lokasi dapat tepat waktu untuk memadamkan api dan mencegah kerusakan pada properti lainnya (Menteri Pekerjaan Umum, 1998).

Dari teori diatas dapat disimpulkan bahwa perancangan struktur bangunan yang aman terhadap bahaya kebakaran harus memperhitungkan beberapa hal diantaranya yaitu ketahanan struktur atau disebut juga dengan stabilitas struktur. Ketahanan yang dimaksud ialah ketahanan yang dapat menahan beban yang timbul ketika terjadinya kebakaran sebelum bangunan tersebut runtuh dan adanya waktu yang cukup bagi penghuni untuk melakukan evakuasi secara aman. Pada peristiwa kebakaran, ketika api menyebar di dalam bangunan dengan konstruksi kayu, struktur akan runtuh sepenuhnya. Kolom dan balok kayu di bangunan bersejarah umumnya merupakan elemen struktur. Sedangkan pada struktur atap, jika terjadi

penyalan partikel debu yang terkumpul di ruang terbuka yang luas di loteng dan struktur atap, api dapat dengan mudah menyebar. Sehingga, kondisi ini sangat penting bagi keselamatan kebakaran karena menyangkut dalam hal stabilitas struktural.

2.2.3.2 Integritas

Selain stabilitas, integritas struktural juga merupakan faktor penting bagi kelangsungan bangunan terutama bangunan cagar budaya (Yuan dkk., 2018). Perancangan struktur bangunan yang aman terhadap kebakaran harus memperhitungkan beberapa hal diantaranya yaitu tipe konstruksi yang dirancang sesuai jenis bahan pembentuknya serta persyaratan ketahanan api komponen struktur bangunan (*fire rated construction*), untuk mencapai tingkat ketahanan api (TKA) (Suprpto, 2007). Tingkat ketahanan api berkaitan dengan integritas yaitu kemampuan untuk menahan penjaran api dan udara panas sebagaimana yang ditentukan pada standar ketahanan api (Kementerian PU, 2008).

Elemen kayu pada bangunan dianggap sebagai beban bahan bakar dalam teknik keselamatan kebakaran (Yuan dkk., 2018). Kinerja dinding, kolom, lantai, dan anggota bangunan lainnya dalam kondisi paparan kebakaran merupakan hal yang sangat penting terhadap keamanan konstruksi bangunan, dan tidak menimbulkan ancaman bagi bangunan di sekitarnya atau masyarakat (SNA, 2007). Integritas fisik struktur konstruksi dapat dinilai melalui ketebalan, kepadatan dan waktu pembakaran elemen struktur pada bangunan (Akimoto dkk., 2007).

Secara keseluruhan berdasarkan teori terkait dengan integritas struktur dapat disimpulkan bahwa perancangan struktur bangunan yang aman terhadap kebakaran harus memperhitungkan integritas strukturnya. Secara umum berdasarkan teori integritas struktur, dapat disimpulkan bahwa integritas struktur harus diperhatikan ketika merancang struktur bangunan tahan api. Sedangkan integritas fisik struktur konstruksi dapat dinilai melalui ketebalan, kepadatan dan waktu pembakaran elemen struktur pada bangunan.

Adapun tingkat ketahanan api yang berkaitan dengan integritas adalah kemampuan untuk menahan penjalaran api dan udara panas sebagaimana yang ditentukan pada standar ketahanan api. Tingkat ketahanan api yang berkaitan dengan integritas adalah kemampuan menahan penyebaran api dan udara panas sebagaimana ditentukan dalam standar ketahanan api. Begitu pula dengan kinerja dinding, kolom, lantai, dan anggota bangunan lainnya seperti balok dan rangka atap, sangat penting untuk diperhatikan ketika kondisinya terpapar api akibat kebakaran, karena struktur tersebut menjadi pendukung terhadap keamanan konstruksi bangunan.

2.2.3.3 Konduktivitas

Adapun faktor-faktor penyebaran api antar bangunan meliputi radiasi termal dari api luar dan kenaikan suhu akibat hembusan angin (Akimoto dkk., 2007), sehingga perancangan pada struktur bangunan yang aman terhadap bahaya kebakaran harus memperhitungkan unsur ketahanan terhadap penetrasi panas (*insulation*) (Suprpto, 2007). Hal itu disebabkan karena api akan membesar ketika suhu dari bahan pelindung yang berbahan kayu melebihi suhu batas penyalaan

(Akimoto dkk., 2007). Ketika kayu struktural terbakar, bagian struktur tersebut akan terus terbakar sehingga menambah beban api tambahan yang sangat besar dan pasti akan kehilangan kapasitas strukturalnya (Emberley dkk., 2016).

Kelayakan struktur, yang dikaitkan dengan tingkat ketahanan api adalah kelayakan kapasitas beban panas sesuai dengan standar yang dibutuhkan (Konduktivitas) dan kemampuan untuk memelihara temperatur pada permukaan yang tidak terkena panas langsung dari tungku pembakaran pada temperatur di bawah 1400 C sesuai standar uji ketahanan api. Ciri-ciri struktur yang berkaitan dengan tingkat ketahanan apinya adalah kemampuan menahan panas (konduktivitas) sesuai standar yang dipersyaratkan dan kemampuan mempertahankan suhu pada permukaan yang tidak terkena panas secara langsung. Tungku dibakar pada suhu dibawah 1400C sesuai standar pengujian ketahanan api. Pada rekayasa kebakaran struktural, ketahanan terhadap api secara tradisional dicapai dengan merancang bangunan untuk suhu ruangan, kemudian membungkus masing-masing elemen struktur dengan bahan pelindung. Alasan utama pendekatan ini adalah untuk membatasi suhu di bagian dalam komponen struktural, sehingga terdapat penampang dingin yang cukup, untuk memberikan ketahanan struktural yang diperlukan saat terjadi kebakaran (Buchanan & Abu, 2017).

Secara keseluruhan berdasarkan teori terkait dengan konduktivitas, dapat disimpulkan bahwa ketika struktur terbakar, maka bagian struktur tersebut akan mengalami perpindahan panas (konduktivitas), dimana api akan terus menyebar dan terus terbakar sehingga menambah beban api tambahan yang sangat besar dan beresiko terhadap hilangnya kapasitas strukturalnya. Adapun elemen struktur

tersebut diantaranya yaitu terdiri dari kolom, balok dan juga rangka atap.

2.2.4 Material Bangunan

Intensitas kebakaran dapat dipengaruhi oleh material bangunan. Oleh karena itu, dalam penggunaan bahan bangunan perlu memperhatikan persyaratan tingkat mutu bahan, termasuk bahan dalam dan pelapis, dari bahan mudah terbakar, semi mudah terbakar, tidak mudah terbakar, semi mudah terbakar, dan sangat mudah terbakar. Bahan-bahan ini. Hal itu merupakan upaya agar terciptanya suatu kemampuan kayu untuk menahan laju pembakaran kayu atau disebut juga dengan resistensi. Kedua, jika penggunaan bahan yang mudah terbakar tidak dapat dihindari, pertimbangkan untuk menggunakan bahan penghambat api untuk meningkatkan kualitas bahan tersebut. Ketiga adalah mempertimbangkan unsur inersia termal bahan yang memengaruhi sifat flamibilitas suatu bahan (Suprpto, 2007).

Penting untuk mengetahui tingkat flamibilitas suatu bahan atau material, bagaimana sebuah material dapat memengaruhi waktu penyalaan dan dampaknya pada pembesaran api serta untuk mengukur, bagaimana konduktivitas material atau energi panas yang dilepaskan dapat berkontribusi terhadap kegagalan struktur suatu bangunan. Proses flamibilitas seperti penyalaan (*ignition*), perambatan atau penyebaran api (*growth of fire*), dan konduktivitas atau laju pelepasan panas (*heat release rates*) akan mendominasi dalam menentukan besar pertumbuhan api, sedangkan beban bahan bakar (Fuel), laju pembakaran atau perambatan (*burning rates*) dan ventilasi akan menentukan durasi terbakar hingga akhirnya api padam (Solarte dkk., 2021).

Penggunaan material pada saat finishing, baik eksterior maupun interior bangunan juga dapat memengaruhi beberapa hal diantaranya yaitu laju perambatan dan penyebaran kebakaran serta terjadinya peningkatan pada konduktivitas yang menyebabkan adanya penambahan bahan bakar yang dapat menghasilkan asap dan gas beracun (Anderberg, 2011; Huang dkk., 2009) Begitu pula pada penerapan sistem proteksi pasif kebakaran pada material, yang perlu dilakukan antara lain meliputi bahan yang membentuk permukaan interior dinding, langit-langit dan lantai yang terbuka, termasuk fungsi akustik dan insulasi agar material tersebut memiliki resistensi ketika api mulai menyebar (Anderberg, 2011).

Begitu pula ketika menilai bahaya kebakaran pada suatu material, beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya yaitu penilaian terhadap flamabilitas atau seberapa mudah api mulai menyala pada material, seberapa rentan konduktivitas atau perpindahan panas pada material itu sendiri, dalam kondisi apa material dapat memanaskan secara otomatis, dalam keadaan bagaimana material dapat tersulut oleh sumber penyalan yang berbeda atau dengan kata lain seberapa besar flamabilitas material terhadap sumber penyalan api dari sebelum terpapar hingga mulai menyala oleh api tersebut dan berapa lama durasinya, seberapa cepat perambatan terjadi api membesar dan menyebar pada material setelah dinyalakan, berapa banyak panas yang akan dilepaskan (fluks panas) atau berapa banyak terjadinya konduktivitas, dan berapa banyak asap yang dihasilkan saat material terbakar. Selain itu, terdapat juga bahan penghambat api yang terkadang ditambahkan ke material untuk mengubah karakteristik mudah terbakarnya, sehingga material tersebut memiliki resistensi terhadap penyebaran api (Harper, 2004).

Prosedur untuk menilai penyalaan dan penyebaran api pada material yang terkena nyala api dapat dilakukan dengan mengevaluasi flamabilitas, perambatan, dan konduktivitas pada suatu material yaitu batas minimum pelepasan panas (fluks) pada bagian permukaan, waktu penyalaan, kecepatan rambat api lateral pada permukaan sampel. Parameter penting yang juga cocok untuk membandingkan material yang berbeda, yaitu inersia termal efektif material (kemampuan material untuk menyimpan panas). Inersia termal sebanding dengan kepadatan material, konduktivitas termal, dan kapasitas panas (Landucci dkk., 2009).

Sebuah penyelidikan keselamatan kebakaran yang menggunakan program simulasi kebakaran bekerja dengan memperhitungkan laju pembakaran atau perambatan (m/mnt), dan rasio area yang tidak mudah terbakar atau resistensi (Park dkk., 2016). Beberapa karakteristik digunakan untuk mengukur pembakaran perilaku kayu saat terkena panas dan udara, termasuk degradasi termal kayu, flamabilitas atau penyalaan dari sumber panas, meningkatnya konduktivitas atau laju pelepasan panas, asap dan gas beracun dari flashover ruangan, perambatan dan penyebaran api serta tingkat hangus di bawah paparan api atau munculnya arang yang menghambat degradasi kayu lebih lanjut (Dietenberger dkk., 2021).

Secara umum, sebagian besar distrik/desa bersejarah yang rentan terhadap kebakaran disebabkan karena tata letak struktur kayu yang padat, dan hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan (Li dkk., 2021). Terlebih lagi bangunan kayu padat yang memiliki tingkat resistensi yang sangat rendah tanpa kompartemen api. Salah satu tindakan untuk meningkatkan resistensi tersebut

dapat dilakukan melalui penggunaan bahan yang tidak mudah terbakar atau bahan tahan api. Dimana bahan tahan api digunakan sebagai pelapis pada kayu, seperti lapisan eksterior tahan api dari atap hingga fasad agar memperlambat proses konduktivitas dan kecepatan perambatan api ke antar bangunan (Du & Okazaki, 2016).

Adapun bahan penghambat api tersebut merupakan suatu bahan senyawa kimia yang berfungsi untuk mencegah timbulnya flamabilitas atau penyalaan dan penjararan api pada permukaan suatu bahan termasuk kayu dan bahan berbasis kayu, sehingga material memiliki resistensi terhadap penyebaran dan perambatan yang terjadi. Sedangkan salah satu cara tradisional untuk meningkatkan usia pakai kayu adalah dengan proses pengawetan yang sekaligus dapat berfungsi meningkatkan resistensi kayu terhadap api melalui cara perlakuan bahan penghambat api terhadap kayu (Effendi, 2007). Keberadaan lapisan tahan api pada permukaan kayu efektif berfungsi sebagai solid material penghambat panas yang mampu memblokir panas dari api dan melindungi dari terjadinya degradasi material kayu. Keberhasilan lapisan tahan api dapat diuji dengan membandingkan berat material yang hilang ketika dibakar, pada suhu berapa berat material mulai berubah, dan berapa kecepatan hilangnya berat material yang terbakar sebelum dan setelah diberikan lapisan tahan api (Sulistyo dkk., 2020).

Selama berabad-abad, pemilik dan insinyur bangunan juga telah menerapkan metode yang bertujuan untuk membuat bangunan kayu lebih aman dari kebakaran. Seringkali strategi ini melibatkan penutupan (enkapsulasi) kayu dengan bahan lain yang dimaksudkan untuk meningkatkan resistensi atau kinerja ketahanan api pada

saat terjadi kebakaran. Agar berhasil melestarikan bangunan bersejarah, maka arsitek dan insinyur perlu memiliki pemahaman tentang bagaimana kinerja material bersejarah asli jika terjadi kebakaran. Sifat flamibilitas dan konduktivitas pada kayu, karena kayu merupakan material yang sangat rentan terhadap kebakaran karena sifatnya yang mudah terbakar (Effendi, 2007; Chorlton & Gales, 2020; Sulistyo dkk., 2020).

Saat ini, ada banyak teknologi dan material yang digunakan sebagai sistem proteksi pasif pada struktur bangunan, seperti penggunaan *thermal insulation barrier* yang digunakan sebagai bahan insulasi sehingga material dapat memiliki resistensi dan dapat mencegah terjadinya konduktivitas maupun perambatan (Huang dkk., 2009; Mróz dkk., 2016). Tujuan penggunaan sistem proteksi pasif kebakaran pada material adalah untuk menjaga suhu komponen bangunan di bawah suhu kritis selama kebakaran. Solusi material proteksi kebakaran pasif yang digunakan dapat berupa penggunaan lapisan isolasi termal. Lapisan ini memengaruhi sifat intumescent material atau zat yang membengkak sebagai akibat dari paparan panas, sehingga meningkat volume dan penurunan kepadatan, sifat ablatif material atau pengelupasan material, dan sifat endotermik material atau penguapan kadar air pada material (Mróz dkk., 2016).

Sementara itu peraturan yang berpusat pada strategi kebakaran untuk desa bersejarah di tingkat nasional dan provinsi menyarankan penggunaan material yang memiliki resistensi yang tinggi, dengan kata lain material tersebut tidak mudah terbakar atau tahan api saat memperbaiki bangunan kayu. Cara lain juga dapat digunakan dengan mengganti material bangunan kayu dengan material lain seperti

batu bata atau beton untuk mengurangi risiko kebakaran. Namun, meskipun kayu memiliki resistensi yang tinggi, dimana kayu dapat menahan api untuk waktu yang lama dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya. Apabila api terus merambat dan menyebar di dalam bangunan, maka bangunan akan runtuh sepenuhnya. Penyebab lainnya yaitu dikarenakan konstruksi rangka kayu merupakan suatu sistem yang didalamnya terdapat lubang-lubang. Debu yang mudah terbakar dan partikel sisa yang mengisi lubang ini dapat menyebabkan pecah dan menyebarnya api dengan cepat. Lubang-lubang ini harus diisi untuk mengurangi risiko kebakaran (Durak dkk., 2011).

Dengan demikian setelah di kumpulkan beberapa pernyataan terkait dengan material pada sistem proteksi pasif berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka di dapatkan beberapa komponen yang nantinya juga akan digunakan sebagai indikator pada penelitian ini. Adapun beberapa komponen tersebut akan disajikan dalam tabel berikut (Tabel 2.6).

Tabel 2.6 Material pada sistem proteksi pasif

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
1.	(Suprpto, 2007)	- Resistensi - Flamibilitas	- Flamibilitas - Perambatan - Resistensi - Konduktivitas
2.	(Harper, 2004)	- Flamabilitas - Konduktivitas - Perambatan - Resistensi	
3.	(Landucci dkk., 2009)	- Flamabilitas - Perambatan - Konduktivitas	
4.	(Solarte dkk., 2021)	- Flamabilitas - Perambatan - Konduktivitas	
5.	(Park dkk., 2016)	- Resistensi	

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
		- Perambatan	
6.	(Dietenberger dkk., 2021)	- Konduktivitas - Flamibilitas - Perambatan	
7.	(Solarte dkk., 2021)	- Konduktivitas - Perambatan	
8.	Anderberg, 2011	- Perambatan - Konduktivitas - Resistensi	
9.	(Huang dkk., 2009)	- Perambatan - Konduktivitas	
10.	(Durak dkk., 2011)	- Resistensi - Perambatan - Flamibilitas	
11.	(Chorlton & Gales, 2020)	- Flamabilitas - Resistensi	
12.	(Effendi, 2007)	- Flamibilitas - Resistensi	
13.	(Sulistyo dkk., 2020)	- Flamabilitas - Konduktivitas - Resistensi	
14.	(Du dkk., 2017)	- Resistensi	
15.	(Huang dkk., 2009)	- Resistensi	
16.	(Mróz dkk., 2016)	- Resistensi	
17.	(Du & Okazaki, 2016)	- Resistensi - Konduktivitas - Perambatan	

Berdasarkan Tabel 2.6 secara garis besar dapat disimpulkan bahwa material bangunan pada sistem proteksi kebakaran pasif terdiri dari beberapa komponen diantaranya yaitu flamibilitas, konduktivitas, resistensi dan perambatan.

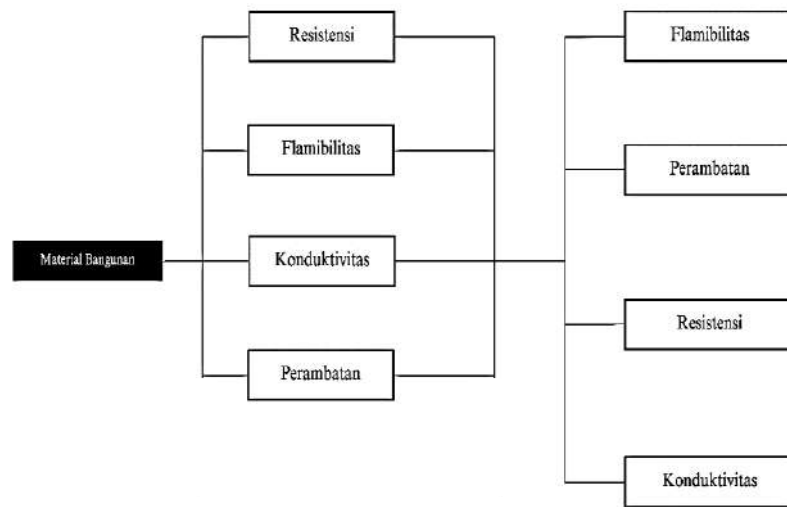
Secara singkat flamibilitas dapat dikatakan sebagai awal tersulutnya api ke material yang terkena dampak atau dapat dikatakan bahwa flamibilitas juga berhubungan dengan waktu penyalaan. Sedangkan perambatan dan resistensi berhubungan dengan laju pembakaran, ketika api menyebar atau merambat, maka

hal itu dapat diatasi dengan penggunaan bahan yang dapat menahan laju pembakaran tersebut. Sementara konduktivitas merupakan kemampuan material untuk menghantarkan panas yang menyebabkan api tersulut dan menyebar ke bagian material tersebut.

Keempatnya akan digunakan dan dianalisa pada penelitian ini. Pada dasarnya, keselamatan kebakaran dan desain material diharapkan dapat memprediksi perilaku material dalam kebakaran dengan mengukur sifat mudah terbakar intrinsiknya dalam peralatan skala kecil. Bangunan tradisional pada umumnya merupakan sebuah bangunan yang menggunakan material yang berasal dari alam, khususnya kayu.

Kayu dikenal sebagai material yang mudah terbakar, selain itu sifat hidrofilik kayu juga menjadi hal yang berpengaruh terhadap penyebaran api ke material lainnya. Keseimbangan kadar air yang bervariasi dapat mengakibatkan stabilitas dimensi yang buruk dan ketahanan yang rendah terhadap pembusukan mikro-biologis. Sedangkan waktu penyalaan api itu sendiri dapat dipengaruhi oleh faktor kadar air.

Jika disajikan dalam bentuk skema (Gambar 2.20), maka komponen dari material bangunan adalah sebagai berikut.



Gambar 2.20 Komponen material bangunan

Sama seperti tabel sebelumnya (Tabel 2.6), melalui skema tersebut dapat diketahui bahwa terdapat beberapa komponen material bangunan diantaranya yaitu stabilitas, integritas, dan konduktivitas (Gambar 2.20).

2.2.4.1 Flamabilitas

Keselamatan kebakaran dan desain material diharapkan dapat memprediksi perilaku material komersial dalam kebakaran dengan mengukur sifat mudah terbakar intrinsiknya dalam peralatan skala kecil . Identifikasi sifat mudah terbakar utama untuk menilai penyebaran api dan pertumbuhan api bahan polimer pada kebakaran nyata adalah termal sifat bahan asli (konduktivitas, kepadatan, spesifik panas), suhu penyalaan, panas pirolisis atau gasifikasi padatan, sifat termal arang, panas dan efisiensi pembakaran, jelaga api, produk hasil pembakaran, dan sifat kepunahan. Kebanyakan sifat-sifat ini dapat diperoleh melalui percobaan yang dilakukan di kalorimeter kerucut (Hagen dkk., 2009).

Kayu merupakan salah satu material yang paling ramah lingkungan, maka dari itu material tersebut sering digunakan pada konstruksi bangunan. Namun karena sifatnya yang mudah terbakar, membuat bangunan menjadi lebih mudah terbakar pula dan terjadilah peristiwa yang tidak diinginkan seperti kebakaran. Oleh karena itu, penggunaan kayu dibatasi oleh berbagai persyaratan dan peraturan keselamatan yang berkaitan dengan sifat mudah terbakar dan penyebaran api. Selain kualitas lingkungan dari pengolahan kayu, sifat-sifat tambahannya, dan dampaknya terhadap kayu, juga harus dinilai. Sifat hidrofilik kayu salah satunya. Hal ini menimbulkan kesetimbangan kadar air yang bervariasi, yang dapat mengakibatkan stabilitas dimensi yang buruk dan ketahanan yang rendah terhadap pembusukan mikro-biologis (Lowden & Hull, 2013).

Flamabilitas juga berhubungan terhadap waktu penyalaan api. Sedangkan waktu penyalaan api itu sendiri dapat dipengaruhi oleh faktor kadar air. Waktu penyalaan api pada kayu basah bisa 65,5% lebih lama dibandingkan kayu kering, kayu basah juga membutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk terbakar jika dibandingkan kayu kering. Hal ini dikarenakan panas efektif rata-rata pembakaran kayu lunak adalah 9,5% lebih tinggi dari kayu keras (Shi, 2023). Waktu penyalaan rata-rata kayu dan panel berbahan dasar kayu dalam kondisi kering berkisar antara 9 hingga 50 detik. Selain kadar air lapisan tahan api juga dapat memperlambat waktu penyalaan api, panel berbahan dasar kayu yang diberi perlakuan tahan api menunjukkan waktu penyalaan sekitar 65 hingga 85 detik (Lee dkk., 2019).

Maka dari itu, sifat mudah terbakar (flamabilitas) pada material kayu menjadi hal penting yang dapat membatasi penerapan komposit pada area tertentu.

Diketahui bahwa penambahan serat lignoselulosa pada polimer mengubah sifat mekanik produk yang diperoleh, yang diakibatkan oleh sifat bahan lignoselulosa dan polimer. Sifat mudah terbakar komposit yang diperoleh juga berbeda dengan komponennya. Sifat mudah terbakar suatu komposit bergantung pada sejumlah faktor seperti sifat komposit dan jenis bahan baku yang digunakan untuk pembuatannya (baik serat alami maupun polimer), kepadatan, struktur, konduktivitas termal, kelembapan, dan lain-lain (Singh dkk., 2008). Metode tradisional untuk mengurangi sifat mudah terbakar komposit adalah dengan menggunakan penghambat api (FR). Dengan demikian, nampaknya keberadaan FR di lapisan permukaan mungkin memainkan peran utama sehubungan dengan efek modifikasi material terhadap sifat mudah terbakar (Turku dkk., 2014).

Salah satu pendekatan proteksi kebakaran pasif adalah untuk mendapatkan bahan yang memberikan perlindungan pada material dengan menambahkan zat pada formulasi awal yang mampu menyerap panas ketika suhu bahan dinaikkan. Agar ketika berada di bawah pemanasan eksternal, komponen material mampu mempertahankan suhu kritis untuk jangka waktu yang lebih lama (Ciudad dkk., 2011). Bahan penghambat api bersifat higroskopis sehingga menarik air ke dalam struktur kayu. Sifat lainnya termasuk sifat korosi, daya rekat, dan kemampuan cat dari kayu yang diberi perlakuan tahan api, yang semuanya harus dipertimbangkan dengan hati-hati tergantung pada penggunaan akhir produk. Beberapa parameter yang berkaitan dengan sifat mudah terbakar termasuk laju pelepasan panas puncak, panas pembakaran hasil arang dan suhu pirolisis (Lowden & Hull, 2013).

Selain integritas dan stabilitas, pada proteksi kebakaran pasif, struktur bangunan dimodifikasi dengan bahan kimia agar memiliki flamibilitas tinggi terhadap penyalaan dan perambatan api memasukkan penghambat api ke dalam bahan, menambahkan pelapisan dan pembungkus permukaan, memisahkan material dengan penghalang api inert, memodifikasi konfigurasi dan susunan bahan dan seterusnya (SFPE, 2016).

Pada bangunan cagar budaya tertentu, unsur-unsur penentu karakter yang unik seringkali termasuk pada sistem strukturnya. Begitu pula dengan strategi keselamatan kebakaran itu sendiri di bagian awal mungkin dipandang untuk mewakili teknologi pada periode waktu tertentu dan mungkin memiliki nilai warisan tersendiri. Enskapsulasi yang ada pada bangunan cagar budaya tidak sepenuhnya dapat diandalkan pada saat awal terjadi kebakaran dan penyaalaan api terhadap struktur yang ada pada bangunan tersebut . Bahan itu bahkan tidak dapat dianggap melindungi kayu dan melawan api. Strategi lain mungkin diperlukan dalam meningkatkan kinerja api dari struktur cagar budaya, yang dapat diimplementasikan tanpa mengurangi nilai warisan bangunan, misalnya ada cara untuk mengintegrasikan alat penyiram ke dalam bangunan cagar budaya, dan pemeliharaan gedung secara teratur juga dapat dilakukan (Chorlton & Gales, 2020).

Dalam pelestarian situs bersejarah dan bangunan tradisional di dalamnya, tujuan keseluruhan pencegahan kebakaran adalah untuk melestarikan warisan tersebut baik dari efek negatif kebakaran maupun dari pelaksanaan tindakan pencegahan kebakaran yang merusak orisinalitas struktur. Struktur atap, jika terjadi penyalaan partikel debu yang terkumpul di ruang terbuka yang luas di loteng dan

struktur atap, api dapat dengan mudah menyebar (Durak dkk., 2011).

Secara keseluruhan berdasarkan teori terkait dengan flamibilitas dapat disimpulkan bahwa flamibilitas tersebut berperan penting terhadap penyebaran api ketika terjadinya kebakaran. Flamibilitas dapat disimpulkan sebagai bagian dari waktu penyalaan api ketika diawal, dan seberapa mudah nya material tersebut tersulut oleh api. Flamabilitas yang berhubungan dengan waktu penyalaan api itu sendiri dapat dipengaruhi oleh faktor kadar air. Selain kadar air lapisan tahan api juga dapat memperlambat waktu penyalaan api. Kayu menjadi salah satu material yang mudah terbakar, salah satunya disebabkan oleh sifat hidrofilik kayu yang menimbulkan kesetimbangan kadar air yang bervariasi, yang dapat mengakibatkan stabilitas dimensi yang buruk dan ketahanan yang rendah terhadap pembusukan mikro-biologis. Adapun material yang dimaksud yaitu material yang digunakan pada elemen-elemen arsitektural sebuah bangunan seperti dinding, lantai, dan penutup atap.

2.2.4.2 Perambatan

Perambatan adalah laju pembakaran kayu. Kayu yang tidak diberi perlakuan tahan api memiliki laju pembakaran 2 mm/menit, sedangkan kayu yang diberi bahan penghambat api, tidak melebihi 0,5 mm. /min (Tsapko dkk., 2016). Pada penelitian lainnya ditemukan perkiraan kecepatan rata-rata penghangusan untuk balok kayu yang tidak terlindungi lapisan anti api berada pada kisaran 0,27 mm/menit di permukaan hingga 0,61 mm/menit pada kedalaman 30 mm dari permukaan (Polishchuk dkk., 2018).

Pada uji pembakaran kayu dengan panjang 1650 mm, lebar 1500 mm, dan tebal 15 mm, kayu tanpa pelapis anti api habis terbakar dalam waktu 37 menit. Kayu dengan ukuran yang sama setelah dilapisi dengan wool mineral, kayu habis terbakar dalam waktu 179 menit, sedangkan setelah dilapisi dengan gypsum plasterboards, kayu habis terbakar dalam waktu 67 menit (Xu dkk., 2016). Penurunan bobot kayu merupakan faktor yang secara langsung mewakili sifat perambatan api pada kayu. Semakin besar penurunan bobot suatu kayu maka semakin tinggi sifat perambatannya (Gašparík dkk., 2017).

Secara keseluruhan berdasarkan teori yang terkait dengan perambatan, maka dapat diperkirakan laju pembakaran kayu tanpa perlakuan anti api paling cepat adalah 2 mm/menit. Namun, penelitian-penelitian tersebut hanya berfokus pada hubungan kecepatan terbakar dengan dimensi kayu. Faktor-faktor lain seperti jenis kayu, kelembaban, dan kepadatan kayu tidak termasuk dalam kriteria yang diuji. Selain itu dapat disimpulkan pula bahwa perambatan berhubungan dengan laju pembakaran pada api. Maka dari itu untuk menghindari perambatan tersebut, biasanya pada material akan diberi bahan pelapis. Adapun perambatan tersebut biasanya terjadi pada elemen-elemen arsitektural sebuah bangunan seperti dinding, lantai, dan penutup atap.

2.2.4.3 Resistensi

Pada penelitian sifat resistensi kayu, yaitu kemampuan kayu menahan laju pembakaran kayu, ditemukan bahwa bahan penghambat api pada kayu memengaruhi laju pembakaran kayu dengan memperlambat penyalaan dan penyebaran api, serta mengurangi pelepasan panas (Östman dkk., 2001; Hagen

dkk., 2009). Ketahanan api pada elemen kayu dapat ditingkatkan dengan penggunaan pada bahan anorganik yang tidak mudah terbakar, atau dengan menggunakan bahan tahan kimia khusus yang dikembangkan untuk tujuan ini. Bahan tahan api membentuk lapisan leleh pada permukaan kayu jika ada panas, yang berfungsi sebagai isolator termal. Memperlambat proses pemanasan bagian dalam kayu, mencegah pelepasan gas yang mudah terbakar, lapisan juga dapat melindungi kayu dari oksigen. Biasanya, berbagai turunan plastik atau senyawa organik lainnya, fosfat, pigmen diaplikasikan pada permukaan kayu, dimana fenomena tersebut di atas terjadi di bawah pengaruh panas, sehingga mengurangi sifat mudah terbakar bahan tersebut.

Penurunan bobot kayu merupakan faktor yang secara langsung mewakili sifat perambatan api pada kayu. Semakin besar penurunan bobot suatu kayu maka semakin tinggi sifat perambatannya. Kayu tanpa perawatan tahan api memiliki rata-rata penurunan bobot sebesar 13,2%, sedangkan kayu dengan perawatan tahan api hanya memiliki penurunan bobot sebesar 4,8%, yaitu berkurang sebesar 63,6% (Gašparík dkk., 2017). Kayu dengan kepadatan rendah memiliki struktur yang lebih berpori dibandingkan kayu dengan kepadatan lebih tinggi. Melalui pori-pori ini, gas yang dihasilkan selama pirolisis dapat dengan mudah terekspos. Selain itu, kepadatan spesifik yang rendah memiliki kapasitas panas spesifik yang lebih rendah, sehingga lebih cepat memanaskan dan mencapai suhu dimana proses pirolisis dapat terjadi. Perawatan tahan api bekerja dengan mengurangi porositas tersebut. Isolasi termal yang lebih baik dan porositas yang lebih rendah memiliki kepadatan yang lebih tinggi, sehingga penyalan terhambat (Lublóy dkk., 2021).

Secara keseluruhan berdasarkan teori terkait resistensi dapat disimpulkan bahwa resistensi memiliki hubungan terhadap laju pembakaran, dimana resistensi itu sendiri diartikan sebagai kemampuan material dalam menahan laju pembakaran. Pada umumnya laju tersebut dapat diatasi dengan menambah bahan pelapis pada material tersebut. Adapun perambatan tersebut biasanya terjadi pada elemen-elemen arsitektural sebuah bangunan seperti dinding, lantai, dan penutup atap.

2.2.4.4 Konduktivitas

Konduktivitas material adalah kemampuan material menghantarkan panas. Ketika suhu naik hingga mencapai suhu kritis, Fluks panas api kemudian menambah sumber panas pada permukaan kayu yang dapat mempercepat proses pembakaran. Perbedaan kadar air kayu mempengaruhi nilai konduktivitas termal kayu. Semakin tinggi kadar air pada kayu maka semakin besar nilai konduktivitas termalnya. Begitu pula dengan perbedaan berat jenis kayu yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal kayu. Semakin besar berat jenis kayu maka semakin besar pula nilai konduktivitas termalnya. Nilai konduktivitas termal kayu dari yang terbesar hingga terkecil adalah kayu jati, akasia, mahoni dan sengon laut, yaitu: 0,142; 0,139; 0,133 dan 0,123 W/mK. Kayu dengan kadar air 0, 10, dan 30% mempunyai nilai k sebesar 0,105; 0,126 dan 0,171 W/mK (Prasojo dkk., 2012). Pada penelitian lainnya Konduktivitas termal kayu lunak meningkat lebih cepat dibandingkan kayu keras ketika kadar air meningkat (Shi, 2023).

Material yang memiliki massa yang besar dengan volume yang kecil memiliki densitas yang besar. Artinya, materi-materi penyusun material tersebut akan terkompresi pada satuan volume sehingga materi yang ada hanya bergetar atau berputar saja. Material yang semacam itu akan memiliki kemampuan dalam menghantarkan panas lebih baik. Faktor lainnya adalah porositas yang merupakan ukuran ruang kosong pada suatu material. Semakin banyaknya tersedia ruang kosong, maka semakin sedikit pula kemampuan material dalam menghantarkan panas. Hal ini disebabkan karena ruang kosong yang ada akan memengaruhi luas permukaan penghantar yang pada dasarnya luas permukaan tersebut memiliki nilai yang sebanding dengan kemampuan dalam menghantarkan panas. Maka dari itu dapat diartikan pula bahwa suatu material memiliki porositas tinggi maka akan lebih sulit dalam menghantarkan panas karena pengaruh luas permukaanya (Alim dkk., 2020).

Secara keseluruhan berdasarkan teori yang terkait dengan konduktivitas diatas dapat disimpulkan bahwa konduktivitas material berhubungan dengan kemampuan material dalam menghantarkan panas. Ketika suhu naik hingga mencapai suhu kritis, maka fluks panas api kemudian akan menambah sumber panas pada permukaan material seperti kayu yang dapat mempercepat proses pembakaran. Selain suhu, kadar kayu dan jenis kayu juga akan memengaruhi nilai konduktivitas panas pada kayu, dimana hal itu akan terlihat dari adanya perbedaan kadar air kayu.

Perbedaan tersebut mempengaruhi nilai konduktivitas termal kayu. Semakin besar kandungan air pada kayu maka semakin besar pula nilai konduktivitas termalnya. Begitu pula dengan kepadatan kayu yang juga mempengaruhi konduktivitas termal kayu. Semakin besar berat jenis kayu maka semakin besar pula nilai konduktivitas termalnya. Material kayu ini banyak dijumpai pada elemen arsitektur bangunan, seperti dinding, lantai, dan atap. Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi konduktivitas suatu material adalah porositas, yaitu banyaknya ruang kosong pada material tersebut. Semakin kosong suatu ruangan, semakin buruk kemampuannya menghantarkan panas.

2.2.5 Tata Ruang Bangunan

Selain perencanaan yang berkaitan dengan ruang luar dan fisik bangunan, perencanaan tata ruang bangunan yang mencakup pertimbangan susunan ruang (Suprpto, 2007) dan fungsi ruangan dan juga menjadi salah satu aspek penting pada sistem proteksi pasif yang sangat menentukan persyaratan keselamatan kebakaran (Anderberg, 2011). Sehingga, sangat penting bagaimana pola susunan ruang yang ada di dalam bangunan dalam menghadapi kebakaran bagaimana bentuk, bagaimana ukuran, bagaimana kompartemenisasi ruang-ruang bangunan sangat berpengaruh terhadap berkembangnya api dan sebaran asap pada bangunan saat terbakar (Suprpto, 2007; Yung, 2008). Dengan susunan ruang yang baik, bukan hanya dapat berpengaruh terhadap bagaimana api dan asap dalam bangunan saat terbakar, namun juga memudahkan proses evakuasi (Suprpto, 2007; Yuan dkk., 2018).

Susunan ruang yang ada di dalam dan komponen interior terhadap ancaman kebakaran bangunan harus mempunyai kualitas dan hubungan yang dapat memberikan keselamatan terhadap kebakaran . Dalam hal ini, keselamatan di dalam ruangan bukanlah suatu kebutuhan, melainkan suatu keharusan (Bilge, 2019). Risiko yang terungkap sebagai akibat dari kegiatan pengelolaan dan persyaratan akan menentukan bahwa tindakan tata ruang sejak awal harus diambil dan dilaksanakan. Pendekatan susunan ruang dalam telah didefinisikan dalam lingkup "langkah keamanan pasif", yang merupakan bagian dari sistem manajemen darurat. Pengaturan sistem yang ditujukan terhadap ancaman kebakaran telah menetapkan kriteria pendekatan dasar dalam hal evakuasi yang aman di dalam ruangan (Bilge, 2019).

Masih berkaitan dengan susunan ruang dalam, instalasi kabel listrik juga merupakan hal yang berpengaruh terhadap terjadinya kebakaran, dalam ruangan yang bersentuhan langsung dengan elemen interior, seperti permukaan dinding atau balok kayu, menyebabkan bahaya kebakaran meningkat (Li dkk., 2020). Padahal, instalasi listrik harus ditata sedemikian rupa untuk meminimalkan risiko kerusakan atau penyalan bahan yang mudah terbakar akibat suhu tinggi atau busur listrik (PUIL,2011). Oleh karena itu, kebakaran masih sering terjadi akibat korsleting listrik. Kebakaran akibat korsleting listrik pada bangunan tempat tinggal dan pemukiman padat penduduk sering terjadi karena masyarakat masih lengah dan menganggap pemahaman mereka terhadap bahaya peralatan elektronik dan instalasi listrik masih di bawah standar. Mengenai menjaga atau meningkatkan paparan energi listrik kurang penting (Rahmat dkk., 2018).

Selain susunan dan fungsi ruang, suhu ruangan juga menjadi sesuatu yang berpengaruh terhadap penyebaran api (Suprpto, 2007). Hal ini karena radiasi termal merupakan cara paling umum dalam penyebaran api di bangunan, karena dalam mode seperti itu panas dapat melakukan perjalanan jarak jauh tanpa memerlukan bahan padat atau cair antara memancarkan dan menerima permukaan (Gerzhova dkk., 2022).

Dengan demikian setelah di kumpulkan beberapa pernyataan terkait dengan tata ruang pada sistem proteksi pasif berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka di dapatkan beberapa komponen yang nantinya juga akan digunakan sebagai indikator pada penelitian ini. Adapun beberapa komponen tersebut akan disajikan dalam tabel berikut (Tabel 2.7).

Tabel 2.7 Tata ruang pada sistem proteksi pasif

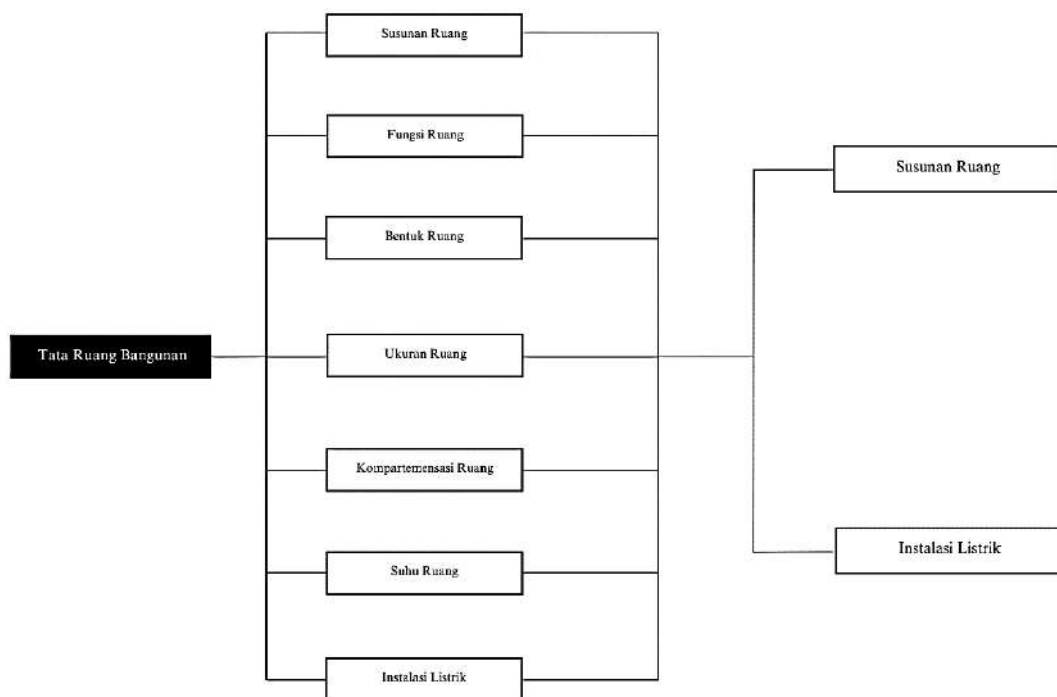
No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
1.	(Anderberg, 2011)	- Susunan ruang - Fungsi ruang	- Susunan ruang - Instalasi Listrik
2.	(Suprpto, 2007)	- Susunan ruang - Bentuk ruang - Ukuran ruang - Kompartemensi ruang - Suhu ruang	
3.	(Gerzhova dkk., 2022)	- Suhu ruang	
4.	(Yuan dkk., 2018)	- Susunan ruang	
5.	(Yung, 2008).	- Bentuk ruang - Ukuran ruang - Kompartemensi ruang	
6.	(Li dkk., 2020)	- Instalasi listrik	
7.	(PUIL, 2011).	- Instalasi listrik	

No.	Referensi	Komponen	Kesimpulan
8.	(Rahmat dkk., 2018).	- Instalasi listrik	
9.	(Bilge, 2019)	- Susunan ruang	

Berdasarkan Tabel 2.7 secara garis besar dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa komponen yang terkait dengan tata ruang bangunan pada sistem proteksi pasif kebakaran, diantaranya yaitu Susunan ruang, fungsi ruang, bentuk ruang, ukuran ruang, kompartemensi ruang dan instalasi listrik. Namun pada penelitian ini hanya terpilih beberapa komponen diantaranya yaitu susunan ruang dan instalasi listrik. Pengaturan tata ruang bangunan dilakukan sebagai upaya penanggulangan bencana kebakaran, adapun perencanaan tata ruang bangunan mencakup pertimbangan susunan ruang.

Dengan susunan ruang yang baik, maka akan berpengaruh terhadap bagaimana api dan asap dalam bangunan saat terbakar. Selain susunan ruang, instalasi listrik juga merupakan hal yang perlu diperhatikan pada bagian dalam ruang. Instalasi listrik juga harus disusun sedemikian agar risiko kerusakan atau tersulutnya bahan yang mudah terbakar karena tingginya suhu atau busur api listrik dapat diminimalisir. Kebakaran pada rumah tinggal di kawasan permukiman juga Sebagian besar diakibatkan karena korsleting listrik, masyarakat masih lalai dan menganggap kurang penting dalam memahami bahaya dari peralatan elektronik serta instalasi listrik yang tidak standar kaitan dengan pemeliharaan maupun peningkatan beban kebutuhan listrik yang dipakai.

Jika disajikan dalam bentuk skema (Gambar 2.21), maka komponen dari tata ruang bangunan adalah sebagai berikut.



Gambar 2.21 Skema Komponen Tata Ruang Bangunan

Sama seperti tabel sebelumnya (Tabel 2.7), melalui skema tersebut dapat diketahui bahwa terdapat beberapa komponen material bangunan diantaranya yaitu stabilitas, integritas, dan konduktivitas (Gambar 2.21).

2.2.5.1 Susunan Ruang

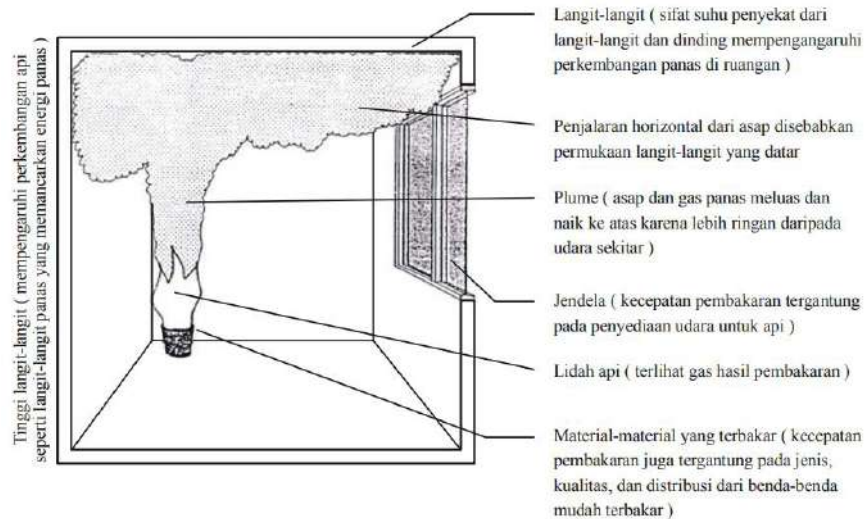
Pengaturan tata ruang bangunan dilakukan sebagai upaya penanggulangan terhadap bencana kebakaran. Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan yaitu seperti pemberlakuan serta penegakan peraturan dan standar tata ruang, pengaturan mekanisme perizinan dan penetapan pedoman teknis tentang kebakaran dan bangunan, dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas kawasan terhadap pencegahan bahaya kebakaran (Setiawan, 2016). Secara umum, apabila diperlukan perubahan tata ruang untuk menunjang sistem proteksi kebakaran bangunan, maka

perubahan tata ruang tersebut harus didasarkan pada beberapa kriteria, yaitu ruangan yang dipindahkan ke ruangan lainya memiliki luasan yang sama atau dapat berubah disesuaikan dengan kebutuhan ruang penghuni, tata ruang disesuaikan dengan kebutuhan fungsi ruang, alur aktifitas pengguna bangunan, kemudahan sirkulasi dan pencapaian dan organisasi ruang (Rossydina & Prabawati, 2018).

Potensi bahaya kebakaran dapat diakibatkan oleh peletakan ruang yang di dalamnya terdapat oksigen dan benda-benda yang mudah terbakar seperti kardus-kardus dan lain-lain (Auliawati dkk., 2020). Sumber penyalan potensial lainnya berupa sumber panas yang dapat menjadi cukup panas untuk menyulut material yang ditemukan di dalam ruangan. Sumber-sumber ini dapat mencakup bahan kimia yang mudah terbakar (produk pembersih tertentu dan bahan kimia mesin), barang-barang milik perokok (rokok dan korek api), nyala api telanjang (lilin atau peralatan berbahan bakar gas termasuk alat barbeque) , pemanas listrik, gas atau minyak (tetap atau portabel), proses panas (pekerjaan perbaikan oleh kontraktor), peralatan memasak, peralatan penerangan (lampu halogen atau lampu display), pembakaran secara sengaja, peralatan listrik yang rusak atau disalahgunakan, dan kembang api (Fire Guide Scotland, 2017).

Maka dari itu dapat dinyatakan bahwa kebakaran sering bermula dari sumber api kecil yang menyulut ke benda yang mudah terbakar. Umumnya kejadian paling fatal adalah ketika kebakaran terjadi pada furnitur berlapis kain dan tempat tidur (Troitzsch, 2016). Serat poliester dan kain sintetis pada permukaan furnitur yang meleleh karena sumber api yang membara dapat berinteraksi dengan busa poliuretan pada bagian dalam furnitur sehingga menambah lebih banyak komoditas

panas tinggi dan memperburuk sifat mudah terbakar secara keseluruhan (Morgan, 2021). Paparan api dari *furniture* ini dapat mengenai struktur, yang membuat elemen struktur kehilangan kapasitas strukturalnya dan berujung pada keruntuhan bangunan (Emberley dkk., 2016).



Gambar 2.22 Keranjang sampah yang terbakar pada ruangan
Sumber : Tanubrata & Wiryopranoto, 2016

Kebakaran lainnya juga dapat disebabkan oleh benda-benda yang mudah terbakar di dalam ruangan termasuk tempat sampah (Gambar 2.22). Temperatur pada asap yang berbentuk cendawan (*plume*) dapat menjadi tinggi sekitar 1200 – 1800 o F. Jika suhu di dalam ruangan meningkat dengan cepat, maka proses pengendalian api dan menyelamatkan orang di dalam ruangan juga akan terhambat dan tidak dapat dilakukan dengan cepat pula, udara panas akan menyebar dengan cepat dan radiasi energik berhembus dengan cepat dari langit dan permukaan dinding luar membakar seluruh material yang ada di dalam ruangan terutama bagian atas, yang kemudian menyebar ke bagian bawah (Tanubrata & Wiryopranoto, 2016).

Selain keberadaan benda mudah terbakar, kegiatan-kegiatan seperti memasak juga dapat menjadi penyebab peristiwa kebakaran dengan besaran sekitar 50%, meskipun sebagian besar api untuk memasak masih terbatas pada lokasinya saja, dan orang-orang sudah waspada pada saat kebakaran dan langsung memulai tindakan pemadaman kebakaran (Troitzsch, 2016). Peristiwa tidak disengaja yang menimbulkan kebakaran dapat memicu efek domino eskalasi dari satu ruang ke ruang lainnya. Oleh karena itu, desain tata letak ruangan yang lebih baik menghasilkan penghematan yang penting dalam hal menghindari biaya kecelakaan akibat kebakaran. Pemisahan ruang yang membutuhkan api dalam hal ini dapur dengan ruang penyimpanan menunjukkan tingkat keamanan kebakaran yang lebih baik dari pada penggabungan fungsi kedua ruang tersebut (Tugnoli dkk., 2008).

Tindakan pencegahan dapat dilakukan dengan menghindari penumpukan barang mudah terbakar di dalam ruangan dan menjauhkan benda-benda tersebut dari sumber api seperti, lilin, dan tempat puntung rokok (Rahadi dkk., 2023 ; Muliawan & Sari, 2023). Selain itu, pemicu api pada kebakaran juga furnitur dapat berasal peristiwa kegagalan baterai Li-Ion ketika terjadi pelepasan panas cukup kuat. Baterai ini biasa terdapat pada barang konsumsi (laptop, ponsel, tablet,mainan) yang sering diletakkan di atas kasur dan furnitur saat digunakan atau saat mengisi daya (Morgan, 2021).

Bahan atau peralatan yang mudah terbakar, berbahaya, atau mudah meledak diperbolehkan berada di dalam bangunan selama dalam pengawasan penghuni bangunan tersebut dan bangunan dalam kondisi sedang dihuni. Loteng, lantai bawah, dan ruang tersembunyi yang digunakan untuk penyimpanan bahan mudah

terbakar harus mematuhi persyaratan perlindungan dari bahaya untuk ruang penyimpanan di. Penyimpanan bahan yang mudah terbakar harus teratur. Bahan yang mudah terbakar juga tidak boleh disimpan di pintu keluar (NFPA 1, 2006).

Secara keseluruhan berdasarkan teori-teori yang terkait dengan susunan ruang diatas dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap susunan ruang antara lain yaitu seperti kepadatan ruang dan posisi ruang. Keduanya berpengaruh terhadap penyebaran api pada ruangan. Potensi bahaya kebakaran dapat diakibatkan oleh peletakan ruang yang tidak sesuai. Ditambah lagi dengan oksigen dan benda-benda yang mudah terbakar seperti kardus, kain dan lain-lain yang dapat memicu terjadinya penyebaran api di dalam ruang tersebut.

2.2.5.2 Instalasi Listrik

Kebakaran yang banyak terjadi di kawasan padat penduduk, khususnya rumah tinggal, banyak disebabkan oleh aliran listrik. Listrik merupakan pemicu fase panas pertama, yang kemudian berubah menjadi api pada awal fase pembakaran (Rahmat dkk., 2018). Penyebab sering terjadinya korsleting listrik di pemukiman adalah karena kurangnya pengetahuan dan kesadaran konsumen terhadap listrik. Sedangkan penyebab terbesar terjadinya kebakaran adalah korsleting pada peralatan perkabelan, terutama kabel yang tidak memenuhi standar PUIL 2000 dan kabel yang sudah tua. Penyebab lainnya adalah penggunaan peralatan rumah tangga yang tidak tepat.

Penggunaan dan pemakaian peralatan listrik yang dimaksud adalah penggunaan pengaman MCB yang tidak SNI, penggunaan kabel yang palsu (tidak

standar SNI) untuk menambah instalasi listrik, penyambungan kabel yang kurang benar, penggunaan stop kontak berlebihan (penumpukan stop kontak). Selain itu pengguna biasanya tidak melepaskan steker dari stop kontak setelah pemakaian alat-alat elektronik seperti charger hp, televisi, VCD dan sebagainya. Hal inilah yang dapat menyebabkan kebakaran karena listrik (Setiyo, 2014). Masalah lainnya juga disebabkan karena stop kontak yang dipasangkan kepada 2-3 titik stop kontak penyambung, sehingga rentan terjadinya konsleting karena beban berlebih atau sambungan kontak yang tidak pas (Pabla, 1995).

Terjadinya konsleting listrik juga disebabkan oleh terhubungnya konduktor positif dengan konduktor negatif, sehingga terjadi hubungan pendek. Hubungan arus pendek ini menghasilkan energi panas yang sangat singkat, sehingga menimbulkan ledakan dan dapat membakar apa saja dalam waktu yang singkat (Lestari, 2019). Oleh karena itu, penting untuk memastikan pemasangan yang aman untuk mencegah korsleting listrik yang menyebabkan kebakaran (Pasae dkk., 2022).

Bahaya kebakaran akibat listrik dapat terjadi, dalam kondisi layanan normal, ketika pemanfaat menjadi panas yang berlebihan pada penggunaan normal ataupun saat terjadi gangguan/ kerusakan instalasi akibat penyambungan kabel yang buruk, yang dapat menimbulkan busur api listrik pada titik sambung tersebut, beban lebih dan terjadi hubung pendek, yang akan merusak insulasi kabel, kualitas kabel atau perlengkapan/pemanfaat listrik yang tidak memenuhi standar, penggunaan alat pemanas, yang tidak diproteksi dengan baik dan terjadinya fenomena penjaluran (*tracking*) (PUIL 2000).

Jika perlengkapan magun dapat mencapai suhu permukaan yang dapat menyebabkan bahaya kebakaran pada bahan yang berada di dekatnya, maka perlengkapan harus dipasang pada atau dalam bahan yang akan tahan terhadap suhu tersebut dan mempunyai konduktans termal yang rendah, atau disekat dari elemen konstruksi bangunan, dengan bahan yang akan tahan terhadap suhu tersebut dan mempunyai konduktans termal yang rendah, atau dipasang sedemikian agar memungkinkan disipasi bahan yang aman pada jarak yang memadai dari setiap bahan yang dapat terkena efek termal yang merusak karena suhu tersebut, dan setiap sarana penyangga mempunyai konduktans termal yang rendah (PUIL, 2011).

Uji kelayakan distribusi jaringan dapat dilakukan dengan pengujian kabel. Proses pengujian dilakukan pada dua ukuran panjang yaitu 5 meter dan 10 meter untuk setiap masing – masing jenis kabel dan melakukan pencatatan data – data mengenai waktu trip MCB, temperatur kabel, temperatur sambungan kabel, dan temperatur stop kontak (Setiyo, 2014). Luas penampang kabel harus disesuaikan dengan kebutuhannya. Luas penampang sirkit akhir minimum terutama untuk instalasi perumahan dan sejenis untuk beberapa peralatan/gawai, yaitu luas penampang kabel untuk Pencahayaan adalah 1,5 mm², luas penampang kabel untuk Kotak kontak 2,5 mm², dan luas penampang kabel untuk Pengondisi udara (AC) untuk 2,5 mm² (PUIL, 2011). Oleh karena itu, Semua peralatan listrik harus dipasang dan dipelihara dengan cara yang aman. Jika ada keraguan mengenai keamanan instalasi listrik, konsultasikan dengan teknisi listrik (Fire Guide Scotland, 2017).

Secara keseluruhan berdasarkan teori-teori yang terkait dengan instalasi listrik dapat disimpulkan bahwa instalasi tersebut berpengaruh terhadap timbulnya api akibat kebakaran, dimana kejadian kebakaran sering terjadi akibat adanya korsleting pada listrik. Hubungan arus pendek ini menghasilkan energi panas yang sangat singkat, sehingga menimbulkan ledakan dan dapat membakar apa saja dalam waktu yang singkat.

Korsleting listrik dapat disebabkan oleh pemasangan instalasi listrik yang tidak sesuai standar PUIL 2000 dan instalasi listrik yang sudah berumur tua. Penggunaan pengaman MCB yang tidak SNI, penggunaan kabel yang palsu (tidak standar SNI) untuk menambah instalasi listrik, penyambungan kabel yang kurang benar, penggunaan stop kontak berlebihan (penumpukan stop kontak). Penyebab lainnya yaitu pemakaian alat-alat rumah tangga yang tidak sesuai aturan dan stop kontak yang dipasangkan kepada 2-3 titik stop kontak penyambung. Maka dari itu, pentingnya pemasangan instalasi yang aman guna mencegah terjadinya korsleting listrik yang akan mengakibatkan kebakaran. Dengan kata lain hal-hal yang harus diperhatikan pada instalasi listrik yaitu distribusi jaringan kabel dan beban penggunaannya.

2.3 Optimalisasi Sistem Proteksi Pasif Kebakaran

Optimalisasi adalah upaya memaksimalkan atau meminimalkan beberapa fungsi relatif terhadap beberapa himpunan, seringkali mewakili rentang pilihan yang tersedia dalam situasi tertentu. Fungsi memungkinkan perbandingan pilihan yang berbeda untuk menentukan mana yang mungkin "terbaik" (Rockafeller, 2007). Aplikasi umumnya seperti menentukan biaya minimal, keuntungan

maksimal, kesalahan minimal, desain optimal, manajemen optimal, prinsip variasi.

Sedangkan optimasi adalah pencarian nilai-nilai variabel yang dianggap optimal untuk mencapai hasil yang diinginkan. Masalah optimasi adalah dengan cara memaksimalkan pengisian ruang-ruang kosong. Untuk memecahkan masalah optimasi tersebut, tentunya diperlukan algoritma yang handal. Masalah optimasi adalah dengan cara memaksimalkan pengisian ruang-ruang kosong. Untuk memecahkan masalah optimasi tersebut, tentunya diperlukan algoritma yang handal (Hasugian, 2016).

Sementara itu, Manik dkk. (2018) berpendapat bahwa optimasi adalah kegiatan yang bertujuan untuk mencapai hasil terbaik dalam situasi tertentu. Tujuan akhir dari kegiatan ini adalah untuk meminimalkan upaya yang dikeluarkan atau memaksimalkan manfaat yang diinginkan. Karena usaha yang diperlukan atau manfaat yang diinginkan dapat dinyatakan sebagai proses menemukan kondisi yang akan menghasilkan nilai fungsi minimum atau maksimum. Kondisi tersebut dapat dimodelkan dalam bentuk fungsi tujuan, dimana fungsi tujuan dapat berupa fungsi linier atau fungsi nonlinier.

Salah satu definisi paling sederhana untuk pengoptimalan adalah “melakukan yang terbaik dengan yang paling sedikit” (Gomez, dkk., 2006). Sedangkan Lockhart dan Johnson (1996) mendefinisikan optimalisasi sebagai “proses menemukan nilai atau kondisi yang paling efektif atau menguntungkan”. Tujuan optimasi adalah untuk mencapai desain "terbaik" berdasarkan serangkaian kriteria atau kendala yang diprioritas. Termasuk pula memaksimalkan faktor-faktor seperti produktivitas, kapasitas, keandalan, daya tahan, efisiensi dan kegunaan (Merrill

dkk., 2007).

Tidak berbeda dengan Siadati, (2021) yang menyatakan secara umum istilah optimasi mengacu pada proses yang bertujuan untuk menemukan nilai terbaik dari satu (atau lebih) fungsi objektif dalam domain yang ditentukan. Terkadang dalam pengoptimalan, beberapa tujuan dipertimbangkan secara bersamaan; Masalah optimisasi seperti itu, yang melibatkan banyak fungsi tujuan, disebut masalah multi-tujuan. Cara paling sederhana untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan membentuk fungsi tujuan baru dalam bentuk kombinasi linier dari fungsi tujuan utama, di mana keefektifan setiap fungsi ditentukan oleh bobot yang diberikan padanya. Setiap masalah optimisasi memiliki sejumlah variabel independen, yang disebut variabel desain, yang diwakili oleh vektor n -dimensi x . Langkah kedua dalam proses optimasi adalah menentukan jenis atau klasifikasi masalah yang akan dioptimalkan. Pada bagian berikut, klasifikasi masalah optimasi akan disajikan. Setelah langkah ini dan menentukan jenis masalah pengoptimalan, tergantung pada ruang lingkup dan kebutuhan masalah, di antara alat pengoptimalan yang tersedia (komersial dan akademis) diperlukan untuk mengoptimalkan fungsi dan menemukan solusi optimal (atau perkiraan), alat yang paling kompatibel. Dengan kebutuhan masalah, dipilih dan digunakan dalam domain yang diinginkan.

Masalah pengoptimalan yang berbeda dibagi menjadi dua kategori berikut:

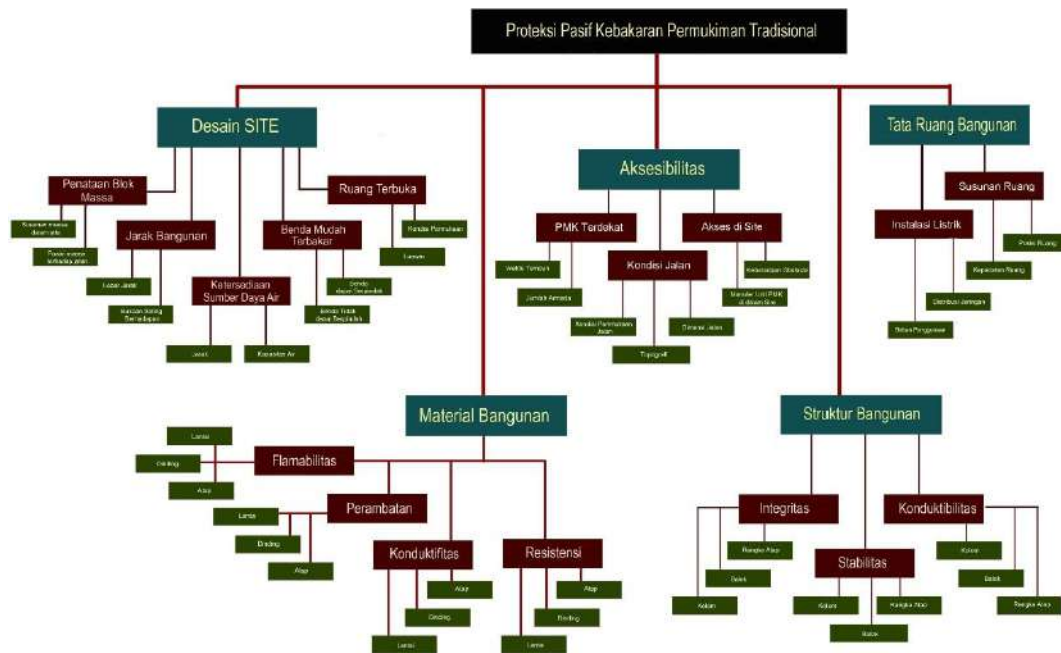
- a. Masalah optimisasi tidak terbatas: Dalam masalah ini, tujuannya adalah untuk memaksimalkan atau meminimalkan fungsi tujuan tanpa batasan pada variabel desain.

- b. Masalah Optimasi dengan keterbatasan: Optimasi dalam kebanyakan masalah praktis dilakukan menurut beberapa keterbatasan; Kendala pada perilaku dan kinerja sistem, dan kendala perilaku dan kendala pada fisika dan geometri masalah, disebut kendala geometris atau lateral. Persamaan yang mewakili kendala mungkin sama atau tidak sama, dalam setiap kasus metode pengoptimalannya berbeda. Namun, batasan menentukan area yang dapat diterima dalam desain.

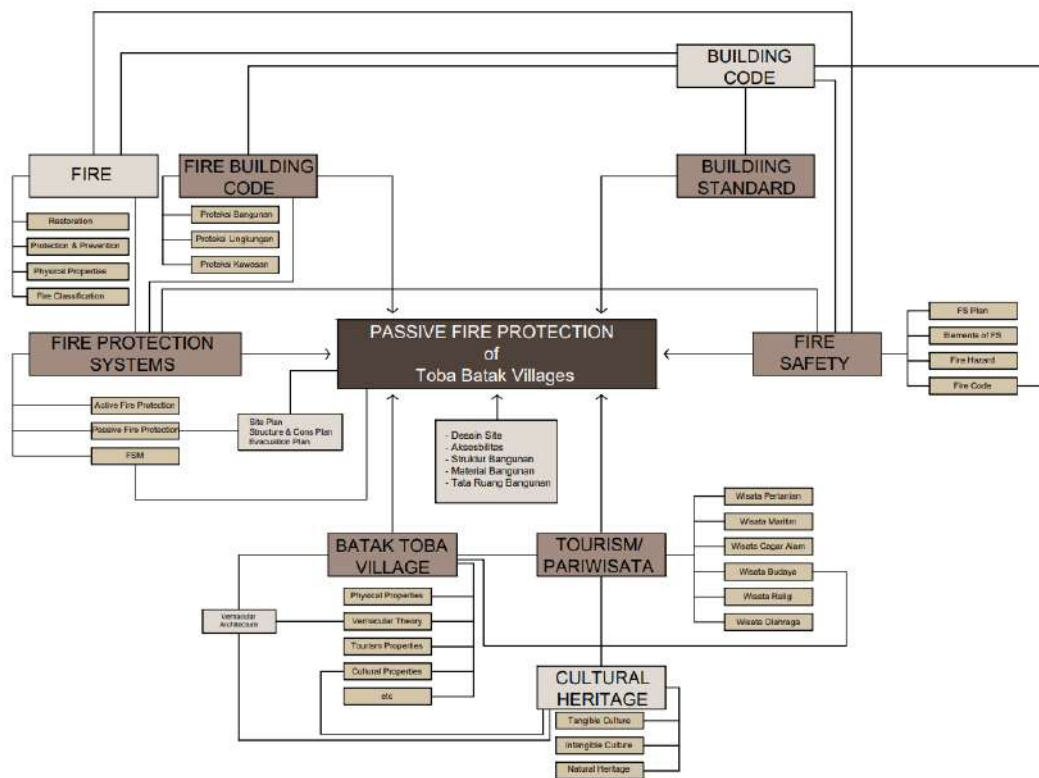
Pada kasus ini, mengingat objek penelitian adalah permukiman tradisional yang memegang nilai-nilai tertentu, maka optimalisasi yang akan dilakukan masuk kedalam kategori masalah optimalisasi dengan keterbatasan. Optimalisasi dilakukan kepada tiap-tiap variabel sistem proteksi pasif kebakaran, yaitu desain *site*, aksesibilitas, struktur, material dan tata ruang untuk mencapai nilai sistem proteksi pasif kebakaran yang paling terbaik.

2.4 Kerangka Konseptual Penelitian

Berdasarkan hasil teori-teori yang telah dikumpulkan dan dikaji, di dapatkan lah beberapa aspek, komponen, dan sub komponen yang nantinya akan dijadikan sebagai variabel, indikator, dan parameter. Jika disajikan dalam bentuk skema , maka akan menghasilkan suatu konsep kerangka penelitian seperti yang akan digambarkan di bagian bawah ini (Gambar 2.23) dan dengan konsep penelitian sebagai berikut pula (Gambar 2.24).



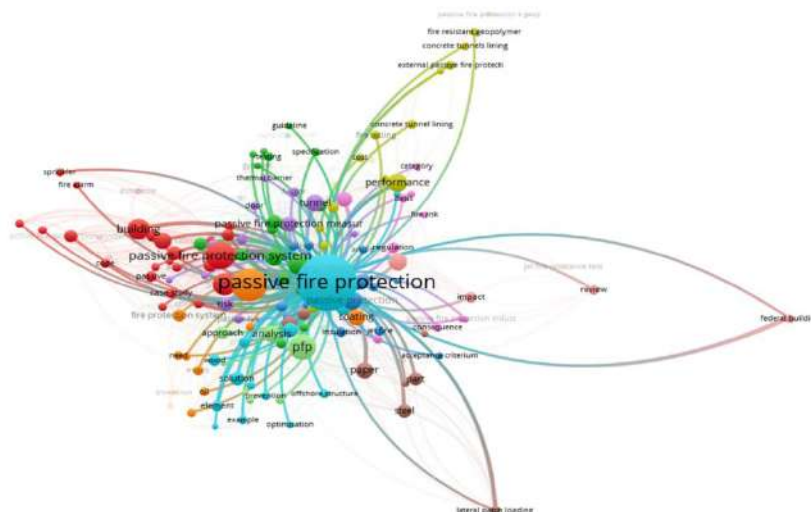
Gambar 2.23 Kerangka teori penelitian



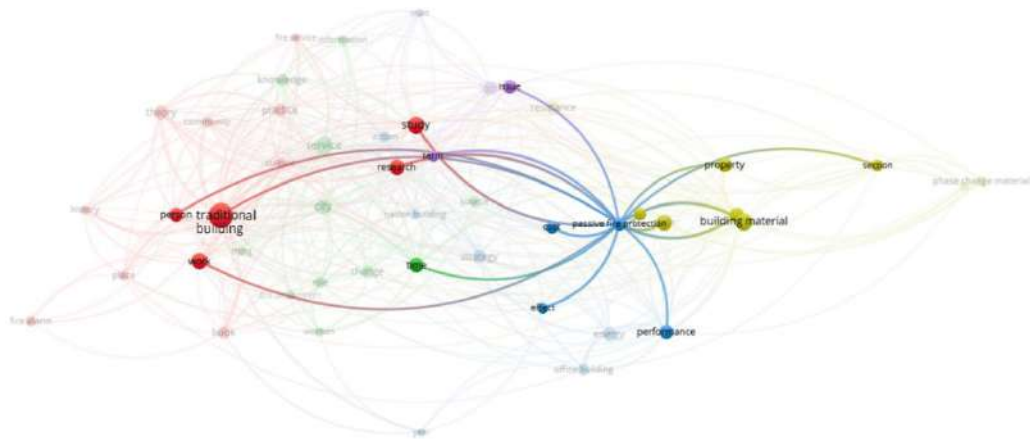
Gambar 2.24 Kerangka konsep penelitian

2.5 Research Gap

Research gap adalah celah kosong dari penelitian sebelumnya. Untuk melihat kebaruan dan orisinalitas penelitian (identifikasi novelty), dan memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan, penulis mengambil rujukan beberapa penelitian sebelumnya sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian penelitian. Upaya menemukan celah penelitian dilakukan dengan menggunakan aplikasi Publish or Perish dan kemudian divisualkan dengan menggunakan aplikasi Vos Viewer. Aplikasi *Publish or Perish* digunakan untuk mengumpulkan data jurnal, buku, prosiding dan sebagainya yang berkaitan dengan judul penelitian yang akan dilakukan. Data-data yang dihimpun bersumber dari google scholar dengan tahun penelitian mulai dari 1985 hingga 2023. Data-data tersebut kemudian diolah menjadi bentuk visual bibliometrik melalui *Vos Viewer* untuk menunjukkan perkembangan topik dan isu penelitian yang berkaitan dengan “Kajian Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Permukiman Tradisional”.

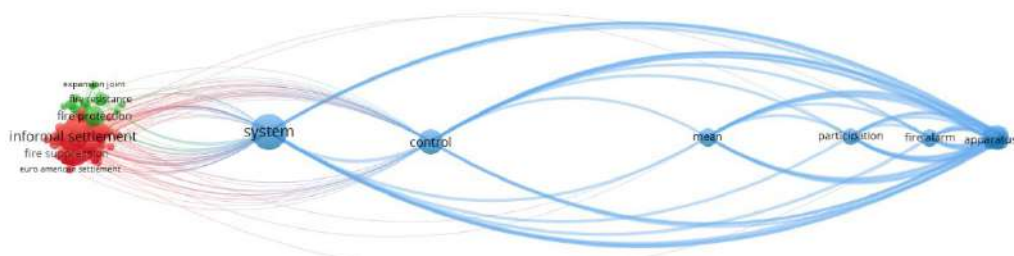


Gambar 2.25 *Research gap passive fire protection*



Gambar 2.28 *Research gap passive fire protection on traditional building*

Pencarian penelitian dengan kata pencarian “*passive fire protection on traditional building*” menemukan 980 penelitian yang relevan dalam rentang tahun publikasi mulai 1911-2023 (Gambar 2.28). Namun, setelah divisulakan menggunakan vos viewer, didapatkan hasil bahwa tidak ada satupun penelitian yang spesifik membahas proteksi pasif kebakaran pada bangunan tradisional. Semua penelitian yang ditemukan hanya membahas proteksi pasif kebakaran saja ataupun bangunan tradisional saja. Kedua pembahasan tersebut hanya bersinggungan satu sama lain Ketika membahas tentang material bangunan, performa bangunan, *research*, issue kebakaran, biaya, dan efek kebakaran.



Gambar 2.29 *Research gap passive fire protection on traditional settlement*

Pencarian penelitian dengan kata pencarian “*passive fire protection on traditional settlement*” menemukan 980 penelitian yang relevan dalam rentang tahun publikasi mulai 1840-2023 (Gambar 2.29) . Namun, setelah divisualkan menggunakan *vos viewer*, didapatkan hasil bahwa tidak ada satupun penelitian yang spesifik membahas proteksi pasif kebakaran pada permukiman tradisional. Bahkan tidak ditemukan satupun penelitian mengenai proteksi pasif kebakaran dan permukiman tradisional yang saling bersinggungan.

Hasil penelusuran referensi yang dirujuk, untuk menemukan kesenjangan (*research gap*) keterbaruan beberapa hal dapat ditarik sebagai kongklusi awal. Proteksi pasif kebakaran (*Passive Fire Protection*) adalah bidang ilmu yang sangat jarang diteliti. Lebih spesifik lagi mengenai sistem proteksi pasif pada bangunan tradisional, tidak adanya garis yang langsung menghubungkan antara *passive fire protection* dengan *traditional building* mengartikan bahwa belum pernah ada penelitian serupa. Beberapa pembahasan mengenai sistem proteksi pasif kebakaran yang ditemukan hanya berkaitan dengan material bangunan, biaya dan performa. Untuk penelitian dengan topik kebakaran khusus “bangunan tradisional”, pembahasan tentang aspek “Proteksi Pasif”, belum ditemukan dan dapat disimpulkan sebagai “*Research Gap*”.

Topik penelitian ini adalah “Sistem Proteksi Pasif pada Permukiman Tradisional Batak Toba”. Berkaitan dengan orisinalitas, riset ini mencoba untuk mengisi kesenjangan yang ada pada penelitian-penelitian terdahulu. Adapun keterbaruan (*novelty*) dan orisinalitas riset ini, yaitu pada beberapa aspek :

- a. Kajian keilmuan arsitektur pada bidang “*fire safety*”
- b. Berorientasi pada perlindungan “*property*” daripada “*life safety*” (kasus bangunan cagar budaya)
- c. Berorientasi pada “sistem proteksi pasif” pada semua aspeknya yang dapat di optimalisasikan, dan
- d. “Locus” penelitian, yaitu pada Permukiman Tradisional Batak Toba .

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah penelitian seperti terangkum pada Bab I, penelitian ini membutuhkan pendekatan metode campuran (*mix methods*). Metode ini pernah diterapkan pada beberapa penelitian sejenis yang terdahulu diantaranya pada penelitian berjudul *Study on Disaster Risks and Countermeasures Influenced by the Impact of the Modernization Process in Historical Mountain Villages: A Case Study of Hazanawa Historical Village, Japan* (Li dkk., 2019) *Disaster risk in the urban villages of Delhi* (Kumar & Bhaduri, 2018) dan pada penelitian berjudul *An investigation into resilient fire engineering building design* oleh Peter (Wilkinson, 2013).

Metode campuran adalah langkah penelitian yang menggabungkan dua bentuk pendekatan penelitian, yaitu menggabungkan kualitatif dan kuantitatif yang digunakan bersama-sama sesuai dengan tujuan penelitian, sehingga akan diperoleh data yang lebih komprehensif, valid, reliabel, dan objektif (Sweetman dkk., 2010; Sugiyono, 2011). Menurut Putra (2017) terdapat beberapa kelebihan metode campuran, yaitu memungkinkan untuk mengajukan pertanyaan penelitian yang kompleks, mendapat data yang lebih kaya dan komprehensif, mendapatkan hasil penelitian yang memiliki kredibilitas tinggi sebab adanya triangulasi. Strategi triangulasi konkuren adalah strategi yang digunakan peneliti dalam waktu yang sama, tetapi independen untuk menjawab rumusan masalah sejenis yang dijawab

dengan dua metode. Rumusan masalah bisa berasal dari beberapa rumusan masalah yang berbeda yaitu masalah penelitian kualitatif maupun kuantitatif. Rumusan masalah dapat bersifat deskriptif, komparatif, asosiatif dan/atau rumusan masalah komparatif asosiatif (Sugiyono,2013).

Menurut Creswell (2010, hlm. 22-23), dalam *mix methode* terdiri dari beberapa strategi diantaranya yaitu campuran sekuensial, campuran konkuren, dan campuran transformatif. Strategi metode campuran sekuensial/bertahap (sequential mixed methods) merupakan strategi untuk menggabungkan beberapa data yang ditemukan dari satu metode dengan metode lainnya melalui interview terlebih dahulu untuk mendapatkan data kualitatif, selanjutnya diikuti dengan data kuantitatif yang berasal dari hasil survey. Sementara itu strategi metode campuran konkuren/sewaktu-waktu (concurrent mixed methods) merupakan penelitian yang menggabungkan antara data kuantitatif dan data kualitatif dalam satu waktu. Selanjutnya prosedur metode campuran transformatif (transformative mixed methods) merupakan prosedur penelitian dimana peneliti menggunakan kacamata teoritis sebagai perspektif *overaching* yang didalamnya terdiri dari data kualitatif dan data kuantitatif. Perspektif inilah yang nantinya akan memberikan kerangka kerja untuk topik penelitian, teknik pengumpulan data, dan hasil yang diharapkan dari penelitian.

Penelitian ini dimulai dengan mencari kacamata teoritis dengan metode sequence, data yang dikumpulkan adalah data kualitatif berupa kajian teori yang kemudian dianalisis dan diambil kesimpulan dalam bentuk kualitatif pula. Langkah selanjutnya, berdasarkan hasil kualitatif dari penelitian pertama, dikumpulkan data

kualitatif dan kuantitatif dengan metode konkuren triangulasi desain, pada tahap ini hasil analisa dari data kualitatif dan kuantitatif digabungkan menjadi meta analisa berupa hasil yang berbentuk kualitatif.

3.2 Metode Penentuan Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah sasaran ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu tentang sesuatu hal objektif, valid, dan reliable tentang suatu hal (Sugiyono, 2017). Menurut Satibi (2011), objek penelitian merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi penelitian yang menjadi tujuan penelitian untuk mendapatkan gambaran secara umum dan luas, terdiri dari sifat lingkungan, struktur, sejarah dan fungsi setiap apa yang ada di lingkungan penelitian tersebut. Sementara (Supranto, 2000) mendefenisikan objek penelitian sebagai himpunan elemen yang dapat berupa orang, organisasi maupun barang yang akan diteliti. Berdasarkan kajian metodologi diatas, objek penelitian pada penelitian ini adalah Sistem Proteksi Pasif Kebakaran pada Permukiman Tradisional.

Terkait dengan pemilihan lokasi penelitian ditentukan melalui metode purposive, dalam teknik ini penentuan lokasi penelitian dilakukan secara sengaja berdasarkan atas pertimbangan–pertimbangan tertentu. Lokasi Penelitian adalah Kampung Hutaraja di Kecamatan Pangururan, kabupaten Samosir. Metode penelitian ini dipilih berdasarkan hasil rujukan kepada beberapa penelitian sejenis yang terdahulu. Penelitian berjudul *A Study on Spatial Arrangement of Toba Batak Dwelling and Its changes* (Fitri, 2004) menggunakan metode purposive untuk menentukan lokasi penelitian dengan pertimbangan usia bangunan. Pada penelitian Proteksi Risiko Kebakaran di Permukiman Studi Kasus : Perumahan Baru di

Kelurahan Cigadung, Bandung (Haristianti dkk., 2019) yang menjadi pertimbangan pemilihan lokasi adalah tingkat kepadatan permukiman dan data statistic wilayah mengenai pemeringkatan area paling rawan bencana. Pada penelitian berjudul Analisis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung, Lingkungan di Universitas Sriwijaya Kampus Inderalaya (Septiadi dkk., 2014) yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi dengan metode *purposive* adalah data mengenai historis kebakaran pada bangunan sejenis dan terakhir pada penelitian yang juga menggunakan metode *purposive* yaitu penelitian berjudul *Sustainable Architecture : The Lessons from Ume Kbbu, The Traditional House of Fatumnasi Community* (Lapenangga dkk., 2020), pada penelitian ini yang menjadi pertimbangannya adalah nilai budaya dan historis serta usia bangunan.

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Pangururan Kabupaten Samosir, yaitu Kampung Ulos Hutaraja Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan (Gambar 3.1; Gambar 3.2) . Beberapa pertimbangan yang menjadi dasar pemilihan lokasi tersebut adalah

1. Kawasan yang diteliti adalah termasuk dalam program prioritas Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Danau Toba dalam penataan sektor permukiman.
2. Masih banyaknya terdapat Permukiman Tradisional Batak Toba , yang masih terjaga keasliannya, baik dalam bentuk, fungsi dan aktifitas kegiatan penghuninya.
3. Besarnya potensi resiko bahaya kebakaran pada permukiman tradisional di lokasi tersebut, yang di dapat berdasarkan premis dari hasil statistik, telah terjadi beberapa kali kejadian menimpa kawasan tersebut.



Gambar 3.1 Lokasi *site* (Kecamatan Pangururan)
Sumber : Google earth, 2023



Gambar 3.2 Foto udara Permukiman Tradisional Batak Toba di Kecamatan
Paguruan

Dalam menentukan lokasi penelitian ini dipertimbangkan teori substansif yang mendukung kesesuaian dengan kenyataan yang ada dilapangan, selain kendala dalam hal keterbatasan geografi dan praktis seperti waktu, biaya, dan tenaga juga menjadi hal yang dipertimbangkan dalam penentuan lokasi ini (Moleong, 2018).

3.3 Metode Penentuan Variabel Penelitian

Variabel adalah konsep yang mengandung beragam nilai (Nazir, 1999). Pada intinya, variabel penelitian merupakan segala ketetapan peneliti yang perlu untuk dipelajari, dalam bentuk apa pun, guna memperoleh informasi terkait hal tersebut, hingga diperoleh kesimpulan (Sugiyono, 2005). Secara teori, variabel merupakan

atribut seseorang, atau “variasi” dimiliki oleh suatu objek dengan objek lain atau satu orang dengan orang lain (Prastyo dkk., 2016). Variabel yang dipakai di penelitian ini bisa digabungkan dalam dua macam, yaitu variabel bebas (independen) dan variabel terikat (dependen). Variabel bebas merupakan variabel yang mampu memberi dampak terhadap variabel terikat. Sementara variabel terikat yakni variabel yang mendapat pengaruh dari variabel bebas (Amin, 2012). Variabel-variabel tersebut meliputi indikator yang mengindikasikan atau menunjukkan kondisi tertentu sehingga suatu perubahan yang terjadi dapat terukur (Endaryono & Djuhartono, 2017).

Dalam kasus ini, variabel penelitian ditentukan berdasarkan rumusan masalah penelitian dan kajian teori yang telah dilakukan berkaitan dengan *Sistem Proteksi Pasif Kebakaran* pada Permukiman Bangunan Tradisional *Heritage*. Hal yang selanjutnya dijadikan dasar pemilihan variabel sebagai aspek Sistem Proteksi Pasif Kebakaran yang akan diteliti, yaitu permasalahan-permasalahan proteksi kebakaran pada bangunan Tradisional (Du dkk., 2017), data penyebab kebakaran berdasarkan statistik pada bangunan tradisional, dan penerapan SPPK yang sesuai dan dapat diaplikasikan pada objek penelitian (Yuan dkk., 2018). Berdasarkan definisi diatas, maka variabel, indikator, dan parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu

Tabel 3.1 Variabel, indikator, dan parameter

No.	Variabel	Indikator	Parameter	Standar	
1.	Desain <i>Site</i>	Penataan blok massa	Susunan massa dalam <i>site</i>	Tingkat Kepadatan Massa Bangunan ; tinggi >1100 unit/Ha, sedang 80-100 unit/Ha, rendah <80 unit/Ha	Permen PU No. 14 Tahun 2018; NFPA 914,2015; Egan, 1986; Butcher & Parnell 1983.
			Posisi massa terhadap jalan	Resiko penjalaran kebakaran ; Jumlah sisi yang berbatasan dengan jalan	Setiani,2015; NFPA 914,2015; Egan, 1986; Butcher & Parnell 1983.
		Jarak antar bangunan	Lebar Jarak	Resiko penjalaran kebakaran 3 m	NFPA 914,2015; Permen PU 2008; Egan, 1986; Butcher & Parnell 1983.
			Bukaan saling berhadapan	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	NFPA 914,2015; Permen PU 2008; Tanubrata & wiryopranoto, 2016; Butcher & Parnell 1983.
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas	2.400 liter/menit	PUPR,2022; NFPA 914,2015; Egan, 1986; Butcher & Parnell 1983.
			Jarak	50 m (hidran)	PUPR,2022; NFPA 914,2015; Egan, 1986; Butcher & Parnell 1983.
		Ketersediaan ruang terbuka	Luasan	Area Parkir unit pemadam (15×6 m)	Wahyusi dkk. 2013; NFPA 914,2015; Permen PU 2008; Mantra, 2005; Egan, 1986; Butcher & Parnell 1983.

No.	Variabel	Indikator	Parameter	Standar	
			Kondisi permukaan	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan/tidak ada	NFPA 914,2015; Mantra,2005; Butcher & Parnell 1983.
		Benda Mudah Terbuka	Benda dapat bergerak	Resiko penjarangan kebakaran ; Ada/tidak ada	Rahadi dkk., 2023; Muliawan & Sari,2023
			Benda tidak dapat bergerak	Resiko penjarangan kebakaran ; Ada/tidak ada	Rahadi dkk., 2023; Muliawan & Sari,2023; NFPA 914,2015
2.	Aksesibilitas	Keberadaan PMK	Waktu tempuh	Persyaratan Waktu Akses ; 5 menit	Sugianto & Buchori, 2020; NFPA 600, 2015.
			Jumlah Armada	1pos/3 kelurahan; maks 2 regu/pos;6 orang/regu.	Damayanti et., al 2021; PUPR,2022; NFPA 600, 2015; Butcher & Parnell 1983.
		Kondisi jalan menuju <i>site</i>	Dimensi jalan	Min 3,5 m	Yuan, 2018; NFPA 600, 2015; Egan, 1986
			Kondisi permukaan jalan	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan/tanpa perkerasan	Mantra,2005; NFPA 600, 2015; Egan, 1986
			Topografi	Pengaruh kontur terhadap tingkat kesulitan akses ; kemiringan, berkontur landai, curam, berkelok.	Afifi,2018; NFPA 600, 2015; Maulinda dkk., 2018
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel	Penghalang akses ; Ada/Tidak ada	PUPR,2022; NFPA 600, 2015; PUPR 2008; Egan, 1986; Butcher &

No.	Variabel	Indikator	Parameter	Standar	
					Parnell 1983.
			akomodasi manufer unit PMK	Persyaratan Manuver Akses PMK ; Lebar = 6 m Kemiringan = tidak lebih dari 1:15	Maulinda dkk., 2018; NFPA 600, 2015; Egan, 1986; Butcher & Parnell 1983.
3.	Struktur Bangunan	Stabilitas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Runtuh terbakar - Pembebanan, tumpuan, dan dimensi elemen struktur	NFPA 914, 2015; American Wood Council, 2011
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Penembusan Api - Padat/tidak padat; tebal/tipis	NFPA 914, 2015; Akimoto dkk., 2007
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Penjalaran Panas - Kadar air pada material; lapisan pelindung kayu	Shi, 2023; NFPA 914, 2015; Jeumpa, 2013; Buchanan & Abu, 2017.
4.	Material Bangunan	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu (ada/ tidak ada)	Shi, 2023; Lee dkk., 2019; NFPA 914, 2015.
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	Resiko Penjalaran Panas ; Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu	Shi, 2023; Arysawan dkk., 2019; NFPA 914, 2015.
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	Resiko Perambatan Api - ada/tidak ; ada lapisan	Xu dkk., 2016; Polishchuk dkk., 2018; NFPA 914, 2015.

No.	Variabel	Indikator	Parameter	Standar	
				pelindung kayu; dimensi material	
		Resistensi	Dinding, lantai, atap	Resiko Laju pembakaran - bahan penghambat api; tingkat porositas (ada/ tidak ada)	Lubloy dkk., 2021; NFPA 914,2015; Ostman et al., 2001; Hagen dkk., 2009;
5.	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang,	Potensi (bahan bakar) kebakaran membesar ; densitas material, peletakan dan jumlah <i>furniture</i> (ada/ tidak ada)	Toitzsch, 2016; Emberley dkk., 2016; Tanubrata & Wiryopranoto,2016; Rahadi dkk., 2023; Muliawan & Sari, 2023; Morgan 2021.
			Posisi ruang	Pemisahan Ruang Sumber Api dgn ruang lain (ada/ tidak ada)	Tugnoli dkk., 2008; NFPA 914,2015
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan,	Persyaratan desain jaringan ; penampang kabel lampu 1,5 mm ² , luas penampang kabel stop kontak dan saklar adalah 2,5 mm ² , penggunaan lapisan pipa PVC (ada/ tidak ada)	PUIL, 2011; NFPE 70E,2015.
			Beban penggunaan	Resiko Pembebanan stop kontak dan Jaringan (ada/ tidak ada)	Pabla, 1995; PUIL, 2011; NFPE 70E,2015.

Berdasarkan Tabel 3.1, nantinya variabel, indikator dan parameter terpilih pada penelitian ini akan dibandingkan dengan kondisi eksisting yang ada di lokasi penelitian dan menjadi tolak ukur terhadap kondisi eksisting tersebut.

3.4 Kriteria Penentuan Narasumber

Pemilihan sumber dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive* sampling, dengan mempertimbangkan permasalahan tertentu, terutama yang berkaitan dengan sumber data. Pertimbangan khusus tersebut misalnya narasumber yang dianggap paling berpengetahuan (ahli) terhadap topik yang diteliti atau mungkin familiar dengan bidang/topik tersebut sehingga memudahkan peneliti untuk menjelajahi objek penelitian (Sugiyono, 2012).

Penelitian sejenis terdahulu yang menggunakan teknik *purposive* diantaranya *Local wisdom Based tourist Village Organization in Lombok Tourist Area* (Irfan & Suryani, 2017), pertimbangan pemilihan narasumber pada penelitian tersebut adalah yang memahami mengenai pengembangan wisata. Teknis *purposive* juga diterapkan pada penelitian berjudul *Implementasi Manajemen Risiko Kebakaran Berdasarkan (Is) ISO 31000* (Kuntoro, 2017) dengan pertimbangan pemilihan melalui kriteria narasumber yang memiliki pemahaman terhadap *fire safety*, pemahaman mengenai objek yang diteliti, dan narasumber dengan pengalaman bertempat tinggal atau berkegiatan di lokasi penelitian.

Selain itu, penelitian terdahulu yang juga dijadikan rujukan dalam memilih teknik penentuan narasumber adalah penelitian berjudul *Coping Capacity Assessment of Urban Fire Disaster : An Exploratory Study on Ward no: 30 of Old*

Dhaka Area (Chisty & Rahman, 2020) , penelitian tersebut menetapkan beberapa kriteria, yaitu tinggal di lokasi yang diteliti, berkegiatan di lokasi yang diteliti, ahli bidang strutur, ahli bidang komunitas.

Mengacu pada teknik *purposive* dengan pertimbangan sitasi terdahulu pada penelitian sejenis, kriteria narasumber yang digunakan adalah :

1. Ahli dalam bidang Kebakaran dan Sistem Proteksi Kebakaran
2. Ahli identifikasi Rumah Tradisional Batak Toba, dalam hal arsitektur.
3. Narasumber yang memiliki pengalaman yang berkaitan dengan kejadian kebakaran di Permukiman Tradisional Batak Toba.

Berdasarkan pemaparan diatas maka narasumber yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Kriteria penentuan narasumber

No.	Kriteria	Narasumber
1.	Memiliki Kepakaran tentang system proteksi pasif	Pakar <i>Firesafety</i> khususnya <i>passive protection</i>
	Memiliki pengalaman penelitian tentang system proteksi pasif	
2.	Memiliki kepakaran tentang rumah tradisional batak toba	Pakar permukiman dan bangunan rumah tradisional batak toba
	Memiliki pengalaman penelitian tentang Permukiman Tradisional Batak Toba	
3.	Bertempat tinggal di lokasi Kawasan cukup lama dan memahami adat setempat,	Masyarakat Adat
	Mengetahui dan terkena dampak peristiwa kebakaran yang pernah terjadi	
4.	PMK yang bertugas di Kawasan permukiman Rumah Tradisional Batak Toba	Otoritas Pemadam Kebakaran

	PMK yang memiliki pengalaman pada kasus kejadian kebakaran permukiman tradisional	

Berdasarkan Tabel 3.2, terdapat delapan kriteria yang sudah ditetapkan maka didapatkan empat kategori narasumber yang akan diwawancarai, diantaranya pakar *Firesafety* khususnya *passive protection*, pakar permukiman dan bangunan Rumah Tradisional Batak Toba, masyarakat adat dan otoritas pemadam kebakaran setempat.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah upaya pengumpulan data yang dilakukan dalam melakukan penelitian. Data penelitian digunakan untuk menganalisis variabel penelitian. Data penelitian yang diperlukan adalah data primer, data sekunder dan data tersier. Sebagaimana dijelaskan pada bagian pendekatan penelitian, metode campuran digunakan dalam penelitian ini. Metode kualitatif digunakan pada tahap pertama dan metode kuantitatif digunakan pada tahap kedua. Ada banyak metode pengumpulan data yang berbeda dalam penelitian kualitatif, termasuk observasi, analisis visual, penelitian dokumen, dan wawancara (Gill dkk., 2008).

Pada penelitian ini akan digunakan dua metode pengumpulan data, yaitu observasi dan wawancara. Beberapa penelitian sejenis terdahulu yang menerapkan metode pengumpulan data observasi dan wawancara sekaligus, diantaranya yaitu penelitian yang berjudul *Study on Disaster Risks and Countermeasures Influenced by the Impact of the Modernization Process in Historical Mountain Villages: A*

Case Study of Hazanawa Historical Village, Japan (Li dkk., 2019). Wawancara dilakukan kepada 20 orang kepala rumah tangga di desa yang diteliti.

Selanjutnya penelitian oleh berjudul *Implementasi Manajemen Risiko Kebakaran Berdasarkan (Is) ISO 31000* (Kuntoro, 2017a). Observasi dilakukan dengan datang ke tempat kegiatan orang yang diamati tetapi tidak ikut serta atau terlibat langsung dalam kegiatan tersebut, sedangkan wawancara dilakukan kepada 4 orang. Satu orang *Fire and safety section head*, satu orang manager gedung, satu orang anggota P2K3, dan satu orang pekerja.

Selain itu, penelitian berjudul *Research on the Disaster Coping Capability of a Historical Village in a Mountainous Area of China: Case Study in Shangli, Sichuan* (Du dkk., 2016) (wawancara 10 orang, 3 pemimpin komite desa, 3 pemimpin kelompok, 4 penduduk desa). Dari sitasi-sitasi tersebut maka dirumuskan dalam table berikut.

Tabel 3.3 Metode pengumpulan data

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
1. Bagaimana keandalan Sistem Proteksi pasif kebakaran pada Kondisi Eksisting Permukiman Tradisional Batak Toba ?	Desain Site	Penataan blok massa	Susunan massa dalam site	Tingkat Kepadatan Massa Bangunan ; tinggi >1100 unit/Ha, sedang 80-100 unit/Ha, rendah <80 unit/Ha	✓	✓
			Posisi massa terhadap jalan	Resiko penjarangan kebakaran	✓	✓

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
				; Jumlah sisi yang berbatasan dengan jalan		
		Jarak antar bangunan	Lebar Jarak	Resiko penjalaran kebakaran 3 m	✓	✓
			Bukaan saling berhadapan	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	✓	✓
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas	2.400 liter/menit	✓	✓
			Jarak	50 m (hidran)	✓	✓
		Ketersediaan ruang terbuka	Luasan	Area Parkir unit pemadam (15×6 m)	✓	✓
			Kondisi permukaan	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan/ tidak ada	✓	✓
		Benda Mudah Terbuka	Benda dapat berpindah	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	✓	✓
			Benda tidak dapat berpindah	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	✓	✓
	Aksesibilitas	Keberadaan PMK terdekat	Waktu tempuh	Persyaratan Waktu Akses ; 5 menit	✓	✓
			Jumlah Armada	1pos/3 kelurahan; maks 2 regu/pos;6	✓	✓

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
		Kondisi jalan menuju <i>site</i>		orang/regu.		
			Dimensi jalan	Min 3,5 m	✓	✓
			Kondisi permukaan jalan	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan/ tanpa perkerasan	✓	✓
			Topografi	Pengaruh kontur terhadap tingkat kesulitan akses ; kemiringan , berkontur landai, curam, berkelok.	✓	✓
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel	Penghalang akses ; Ada/Tidak ada	✓	✓
			akomodasi manufer unit pmk	Persyaratan Manuver Akses PMK ; Lebar = 6 m Kemiringan = tidak lebih dari 1:15	✓	✓
	Struktur Bangunan	Stabilitas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Runtuh terbakar - Pembebanan, tumpuan, dan dimensi elemen struktur	✓	✓
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Penembusan Api -	✓	✓

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
				Padat/tidak padat; tebal/tipis		
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Penjalaran Panas - Kadar air pada material; lapisan pelindung kayu	✓	✓
	Material Bangunan	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu (ada/tidak ada)	✓	✓
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	Resiko Penjalaran Panas ; Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu	✓	✓
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	Resiko Perambatan Api - ada/tidak ; ada lapisan pelindung kayu; dimensi material	✓	✓
		Resistensi	Dinding, lantai, atap	Resiko Laju pembakaran - bahan penghambat api;	✓	✓

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
				tingkat porositas (ada/ tidak ada)		
	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang, posisi ruang	Potensi (bahan bakar) kebakaran membesar ; densitas material, peletakan dan jumlah <i>furniture</i> (ada/ tidak ada)	✓	✓
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan, beban penggunaan	Pemisahan Ruang Sumber Api dgn ruang lain (ada/ tidak ada)	✓	✓
2. Bagaimana Optimalisasi Sistem Proktesi Pasif Kebakaran pada Desain Bangunan dan Ruang Luar dalam Permukiman Tradisional Batak Toba ?	Desain <i>Site</i>	Penataan blok massa	Susunan massa dalam <i>site</i>	Persyaratan desain jaringan ; penampang kabel lampu 1,5 mm ² , luas penampang kabel stop kontak dan saklar adalah 2,5 mm ² , penggunaan lapis pipa PVC (ada/ tidak ada)	✓	✓
			Posisi massa terhadap jalan	Resiko Pembebanan stop	✓	✓

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
				kontak dan Jaringan (ada/ tidak ada)		
		Jarak antar bangunan	Lebar Jarak	Tingkat Kepadatan Massa Bangunan ; tinggi >1100 unit/Ha, sedang 80-100 unit/Ha, rendah <80 unit/Ha	✓	✓
			Bukaan saling berhadapan	Resiko penjarangan kebakaran ; Jumlah sisi yang berbatasan dengan jalan	✓	✓
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas	Resiko penjarangan kebakaran 3 m	✓	✓
			Jarak	Resiko penjarangan kebakaran ; Ada/tidak ada	✓	✓
		Ketersediaan ruang terbuka	Luasan	2.400 liter/menit	✓	✓
			Kondisi permukaan	50 m (hidran)	✓	✓
		Benda Mudah Terbuka	Benda dapat berpindah	Area Parkir unit pemadam (15×6 m)	✓	✓
			Benda tidak dapat berpindah	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan/	✓	✓

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
				tidak ada		
	Aksesibilitas	Keberadaan PMK terdekat	Waktu tempuh	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	✓	✓
			Jumlah Armada	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	✓	✓
		Kondisi jalan menuju <i>site</i>	Dimensi jalan	Persyaratan Waktu Akses ; 5 menit	✓	✓
			Kondisi permukaan jalan	1pos/3 kelurahan; maks 2 regu/pos;6 orang/regu.	✓	✓
			Topografi	Min 3,5 m	✓	✓
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan/ tanpa perkerasan	✓	✓
			akomodasi manufer unit pmk	Pengaruh kontur terhadap tingkat kesulitan akses ; kemiringan , berkontur landai, curam, berkelok.	✓	✓
	Struktur Bangunan	Stabilitas	Kolom, balok, rangka atap	Penghalang akses ; Ada/Tidak ada	✓	✓
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	Persyaratan Manuver Akses	✓	✓

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
				PMK ; Lebar = 6 m Kemiringan = tidak lebih dari 1:15		
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Runtuh terbakar - Pembebanan, tumpuan, dan dimensi elemen struktur	✓	✓
	Material Bangunan	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	Resiko Penembusan Api - Padat/tidak padat; tebal/tipis	✓	✓
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	Resiko Penjalaran Panas - Kadar air pada material; lapisan pelindung kayu	✓	✓
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu (ada/tidak ada)	✓	✓
		Resistensi	Dinding, lantai, atap	Resiko Penjalaran Panas ; Kadar air pada material;	✓	✓

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		O	W
				ada/tidak ada lapisan pelindung kayu		
	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang, posisi ruang	Resiko Perambatan Api - ada/tidak ; ada lapisan pelindung kayu; dimensi material	✓	✓
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan, beban penggunaan	Resiko Laju pembakaran - bahan penghambat api; tingkat porositas (ada/ tidak ada)	✓	✓

Berdasarkan Tabel 3.3 dapat disimpulkan untuk menjawab rumusan masalah pertama mengenai keandalan sistem proteksi pasif kebakaran pada kondisi eksisting Permukiman Tradisional Batak Toba metode pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi dan wawancara. Sedangkan untuk menjawab rumusan masalah kedua mengenai optimalisasi sistem proteksi pasif kebakaran pada kondisi eksisting Permukiman Tradisional Batak Toba , dominan menggunakan metode wawancara. Setelah mengetahui item-item yang memerlukan data melalui metode observasi. Maka dilanjutkan dengan menguraikan kegiatan observasi yang dilakukan terhadap masing-masing item sebagai berikut.

Tabel 3.4 Daftar observasi di lapangan

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
1. Bagaimana keandalan Sistem Proteksi pasif kebakaran pada Kondisi Eksisting Permukiman Tradisional Batak Toba ?	Desain <i>Site</i>	Penataan blok massa	Susunan massa dalam <i>site</i>	Tingkat Kepadatan Massa Bangunan ; tinggi >1100 unit/Ha, sedang 80-100 unit/Ha, rendah <80 unit/Ha	Pengamatan
			Posisi massa terhadap jalan	Resiko penjarangan kebakaran ; Jumlah sisi yang berbatasan dengan jalan	
		Jarak antar bangunan	Lebar Jarak	Resiko penjarangan kebakaran 3 m	Pengukuran
			Bukaan saling berhadapan	Resiko penjarangan kebakaran ; Ada/tidak ada	Pengamatan
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas	2.400 liter/menit	Pengamatan dan pengukuran
			Jarak	50 m (hidran)	Pengukuran
		Ketersediaan	Luasan	Area	Pengukuran

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
		n ruang terbuka		Parkir unit pemadam (15×6 m)	
			Kondisi permukaan	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan /tidak ada	Pengamatan
		Benda Mudah Terbuka	Benda dapat berpindah	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	Pengamatan
			Benda tidak dapat berpindah	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	
	Aksesibilitas	Keberadaan PMK terdekat	Waktu tempuh	Persyaratan Waktu Akses ; 5 menit	Pengamatan dan pengukuran melalui citra satelit
			Jumlah Armada	1pos/3 kelurahan; maks 2 regu/pos;6 orang/regu .	
		Kondisi jalan menuju <i>site</i>	Dimensi jalan	Min 3,5 m	Pengukuran
			Kondisi permukaan jalan	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan /tanpa perkerasan	Pengamatan
			Topografi	Pengaruh	

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
				kontur terhadap tingkat kesulitan akses ; kemiringan, berkontur landai, curam, berkelok	
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel	Penghalang akses ; Ada/Tidak ada	Pengamatan
			akomodasi manufer unit pmk	Persyaratan Manuver Akses PMK ; Lebar = 6 m Kemiringan = tidak lebih dari 1:15	Pengukuran
	Struktur Bangunan	Stabilitas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Runtuh terbakar - Pembebanan, tumpuan, dan dimensi elemen struktur	Pengamatan
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Penembusan Api - Padat/tidak padat;	

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	tebal/tipis	
				Resiko Penjalaran Panas - Kadar air pada material; lapisan pelindung kayu	
	Material Bangunan	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu (ada/tidak ada)	Pengamatan
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	Resiko Penjalaran Panas ; Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu	
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	Resiko Perambatan Api - ada/tidak ; ada lapisan pelindung kayu; dimensi	

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
				material	
		Resistensi	Dinding, lantai, atap	Resiko Laju pembakaran - bahan penghambat api; tingkat porositas (ada/ tidak ada)	
	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang, posisi ruang	Potensi (bahan bakar) kebakaran membesar ; densitas material, peletakan dan jumlah <i>furniture</i> (ada/ tidak ada)	Pengamatan
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan, beban penggunaan	Pemisahan Ruang Sumber Api dgn ruang lain (ada/ tidak ada)	Pengamatan
2. Bagaimana Optimalisasi Sistem Proteksi Pasif Kebakaran pada Desain Bangunan dan Ruang Luar	Desain <i>Site</i>	Penataan blok massa	Susunan massa dalam <i>site</i>	Persyaratan desain jaringan ; penampangan kabel lampu 1,5 mm ² , luas	Pengamatan

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
dalam Permukiman Tradisional Batak Toba ?				penampungan kabel stop kontak dan saklar adalah 2,5 mm ² , penggunaan lapisan pipa PVC (ada/ tidak ada)	
			Posisi massa terhadap jalan	Resiko Pembebanan stop kontak dan Jaringan (ada/ tidak ada)	Pengamatan
		Jarak antar bangunan	Lebar Jarak	Tingkat Kepadatan Massa Bangunan ; tinggi >1100 unit/Ha, sedang 80-100 unit/Ha, rendah <80 unit/Ha	Pengukuran
			Bukaan saling berhadapan	Resiko penjarangan kebakaran ; Jumlah sisi yang berbatasan	Pengamatan

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
				dengan jalan	
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas	Resiko penjalaran kebakaran 3 m	Pengamatan dan pengukuran
			Jarak	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	Pengukuran
		Ketersediaan ruang terbuka	Luasan	2.400 liter/menit	Pengukuran
			Kondisi permukaan	50 m (hidran)	Pengamatan
		Benda Mudah Terbuka	Benda dapat berpindah	Area Parkir unit pemadam (15×6 m)	Pengamatan
			Benda tidak dapat berpindah	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan /tidak ada	
	Aksesibilitas	Keberadaan PMK terdekat	Waktu tempuh	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	Pengamatan dan pengukuran melalui citra satelit
			Jumlah Armada	Resiko penjalaran kebakaran ; Ada/tidak ada	Pengamatan
		Kondisi jalan	Dimensi jalan	Persyaratan Waktu	Pengukuran

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
		menuju <i>site</i>		Akses ; 5 menit	
			Kondisi permukaan jalan	1pos/3 kelurahan; maks 2 regu/pos;6 orang/regu .	Pengamatan
			Topografi	Min 3,5 m	Pengamatan
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel	Tingkat kesulitan akses ; ada perkerasan /tanpa perkerasan	Pengamatan
			akomodasi manufer unit pmk	Pengaruh kontur terhadap tingkat kesulitan akses ; kemiringan, berkontur landai, curam, berkelok.	Pengukuran
	Struktur Bangunan	Stabilitas	Kolom, balok, rangka atap	Penghalangan akses ; Ada/Tidak ada	Pengamatan
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	Persyaratan Manuver Akses PMK ; Lebar = 6 m Kemiringan	Pengamatan

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
				n = tidak lebih dari 1:15	
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	Resiko Runtuh terbakar - Pembebanan, tumpuan, dan dimensi elemen struktur	Pengamatan
	Material Bangunan	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	Resiko Penembusan Api - Padat/tidak padat; tebal/tipis	Pengamatan
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	Resiko Penjalaran Panas - Kadar air pada material; lapisan pelindung kayu	Pengamatan
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu (ada/tidak ada)	Pengamatan
		Resistensi	Dinding, lantai, atap	Resiko Penjalaran Panas ;	Pengamatan

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter		Observasi
				Kadar air pada material; ada/tidak ada lapisan pelindung kayu	
	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang, posisi ruang	Resiko Perambatan Api - ada/tidak ; ada lapisan pelindung kayu; dimensi material	Pengamatan
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan, beban penggunaan	Resiko Laju pembakaran - bahan penghambat api; tingkat porositas (ada/ tidak ada)	Pengamatan

Melengkapi dan memvalidasi data-data hasil observasi, selanjutnya dilakukan wawancara terhadap beberapa narasumber dengan kriteria yang telah dengan jumlah yang diketahui terlebih dahulu. Berikut adalah jumlah narasumber yang dibutuhkan pada penelitian ini.

Tabel 3.5 Jumlah narasumber yang dibutuhkan

No.	Kriteria	Narasumber	Klasifikasi Narasumber	Jumlah	Kode Narasumber
1.	Memiliki Kepakaran tentang sistem proteksi pasif	Pakar <i>Firesafety</i> khususnya <i>passive protection</i>	-	2	N1
	Memiliki pengalaman penelitian tentang kasus kebakaran bangunan tradisional				
2.	Memiliki kepakaran tentang rumah tradisional batak toba	Pakar permukiman dan bangunan rumah tradisional Batak Toba	-	2	N2
	Memiliki pengalaman penelitian tentang Permukiman Tradisional Batak Toba				
3.	Bertempat tinggal di lokasi Kawasan cukup lama dan memahami adat setempat,	Masyarakat Adat	Kepala Adat	2	N3.1
	Mengetahui dan terkena dampak peristiwa kebakaran yang pernah terjadi		Warga desa yang diteliti	2	N3.2
			Warga desa korban kebakaran	2	N.3.3
4.	PMK yang bertugas di Kawasan permukiman Rumah Tradisional Batak Toba	Otoritas Pemadam Kebakaran	Petugas Aktif	1	N.4.1

	Memiliki pengalaman pada kasus kejadian kebakaran di lokasi		Petugas dengan pengalaman penanganan kebakaran rumah tradisional	1	N.4.2

Berdasarkan Tabel 3.5, maka akan dilakukan wawancara kepada dua narasumber dengan kepakaran dalam bidang *firesafety* khususnya *passive protection*, dua narasumber dengan kepakaran dalam bidang permukiman dan bangunan rumah tradisional Batak Toba, enam narasumber yang merupakan pengguna atau orang yang tinggal di pemukiman tradisional Batak Toba dalam hal ini diwakili oleh kepala adat, masyarakat ada, serta msyarakat adat korban kebakaran rumah tradisional dan dua narasumber dari otoritas pemadam kebakaran

Setelah mengetahui narasumber yang dibutuhkan beserta jumlahnya, hal selanjutnya yang dilakukan adalah menyusun pertanyaan-pertanyaan. Adapun pertanyaan-pertanyaan yang tersedia nantinya juga akan digunakan untuk menjawab rumusan masalah sesuai dengan variabel-variabel dengan indikator-indikator yang telah ditetapkan.

Adapun daftar pertanyaan-pertanyaan tersebut akan disajikan ke dalam bentuk tabel seperti yang tertera pada tabel yang ada di bawah ini.

Tabel 3.6 Daftar pertanyaan pada narasumber

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
1. Bagaimana keandalan Sistem Proteksi pasif kebakaran pada Kondisi Eksisting Permukiman Tradisional Batak Toba ?	Desain Site	Penataan Blok massa	Susunan massa dalam site, posisi terhadap jalan	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada penataan blok massa eksisting?	N1
		Jarak antar bangunan	Lebar jarak, Bukaannya saling berhadapan	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi jarak antar bangunan eksisting dan Apakah ada bukaan antar bangunan yang posisinya saling berhadapan?	N1
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas, jarak	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi sumber air eksisting?	N1,N4.1
		Ketersediaan ruang terbuka	Luasan, kondisi permukaan	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi ketersediaan ruang terbuka eksisting?	N1,N4.1
		Keberadaan benda mudah terbakar	Dapat berpindah, tidak dapat berpindah	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi keberadaan benda mudah terbakar eksisting?	N1
	Aksesibilitas	Keberadaan PMK	Waktu tempuh,	Bagaimana Keandalan	N1,N4.1

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
		terdekat	jumlah armada	proteksi pasif kebakaran pada kondisi jarak dan jumlah stasiun PMK eksisting?	
		Kondisi Jalan	Dimensi, Topografi, kondisi permukaan jalan	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi jalan eksisting?	N1,N4.1,N4.2
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel, akomodasi manufer unit pmk	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada akses di dalam <i>site</i> eksisting?	N1,N4.1,N4.2
	Struktur	Stabilitas	Kolom, balok, rangka atap	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi stabilitas struktur eksisting?	N1,N3.3,N4.2
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi integritas struktur eksisting?	N1,N3.3,N4.2
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi Konduktivitas elemen struktur eksisting?	N1,N3.3,N4.2
	Material	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi flamabilitas material eksisting?	N1,N3.3,N4.2

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi Konduktivitas material eksisting?	N1,N3.3,N4.2
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi perambatan material eksisting?	N1,N3.3,N4.2
		Resistansi	Dinding, lantai, atap	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi resistansi material eksisting?	N1,N3.3,N4.2
	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang, posisi ruang	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi susunan ruangan eksisting?	N1
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan, beban penggunaan	Bagaimana Keandalan proteksi pasif kebakaran pada kondisi instalasi listrik eksisting?	N1
2.Bagaimana Optimalisasi Sistem Proteksi Pasif Kebakaran pada Desain Bangunan dan Ruang Luar dalam	Desain Site	Penataan Blok massa	Susunan massa dalam site, posisi terhadap jalan	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap penataan blok massa eksisting? - Bagaimana	N1,N2,N3.1,N3.2,

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
Permukiman Tradisional Batak Toba ?				keandalan desain optimalisasi penataan blok massa? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap penataan blok massa?	
		Jarak antar bangunan	Jarak sisi samping, jarak sisi depan	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi jarak antar bangunan eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi jarak antar bangunan?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas, jarak	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi sumber air eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi kondisi sumber air? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap kondisi sumber air?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
		Ketersediaan ruang terbuka	Luasan, kondisi permukaan	-Bagaimana solusi optimalisasi	N1,N2,N3.1 ,N3.2,

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
				proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi ketersediaan ruang terbuka eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi ruang terbuka? - Apakah ada batasan? perubahan yang boleh dilakukan terhadap kondisi ruang terbuka?	
		Keberadaan benda mudah terbakar	Dapat berpindah, tidak dapat berpindah	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi keberadaan benda mudah terbakar eksisting?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
	Aksesibilitas	Keberadaan PMK terdekat	Waktu tempuh, jumlah armada	-Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi jarak dan jumlah stasiun PMK eksisting?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
		Kondisi Jalan	Dimensi, Topografi, kondisi permukaan jalan	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi jalan eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi kondisi akses	N1,N2,N3.1 ,N3.2,

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
				jalan? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap kondisi akses?	
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel, akomodasi ma	-Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi jalan eksisting terhadap akses di dalam <i>site</i> ?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
	Struktur	Stabilitas	Kolom, balok, rangka atap	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi stabilitas struktur eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi stabilitas struktur? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap struktur?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi integritas struktur eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi integritas	N1,N2,N3.1 ,N3.2,

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
				struktur? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap struktur?	
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi Konduktivitas elemen struktur eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi antisipasi terhadap sifat Konduktivitas struktur? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap struktur	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
	Material	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi flamabilitas material eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi antisipasi flamabilitas material? - Apakah ada batasan perubahan yang	N1,N2,N3.1 ,N3.2,

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
				boleh dilakukan terhadap material?	
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi Konduktivitas material eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasiantisipasi sifat Konduktivitas material? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap material?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi perambatan material eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasiantisipasi perambatan api pada material? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap material?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
		Resistensi	Dinding, lantai, atap	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi resistansi material eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi resistensi material? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap material?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang, posisi ruang	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi susunan ruangan eksisting? - Bagaimana keandalan desain optimalisasi susunan ruang - Apakah ada? batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap susunan ruang?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan, beban penggunaan	- Bagaimana solusi optimalisasi proteksi pasif kebakaran terhadap kondisi instalasi listrik eksisting?	N1,N2,N3.1 ,N3.2,

Rumusan Masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Pertanyaan	Narasumber
				- Bagaimana keandalan desain optimalisasi instalasi listrik? - Apakah ada batasan perubahan yang boleh dilakukan terhadap instalasi listrik?	

Pertanyaan-pertanyaan pada kolom pertanyaan akan ditanyakan melalui proses deep interview kepada narasumber (Tabel 3.6). Setelah didapatkan data-data mengenai kondisi eksisting, maka selanjutnya dilakukan pengumpulan data berupa penilaian dari ahli mengenai kondisi eksisting untuk mendapatkan data acuan optimalisasi. Data-data berupa nilai akan dikumpulkan menggunakan metode skala ordinal teori likert. Metode yang sama diterapkan pada penelitian berjudul *Optimization, an Important Stage of Engineering Design* (Kelley, 2010).

Skala ordinal adalah skala yang mengelompokkan objek berdasarkan jenjang. Perjenjangan dapat diberikan mulai dari yang terbaik hingga terburuk ataupun sebaliknya (Nugraha, J. P dkk., 2021). Pada penelitian ini, skala ordinal akan digunakan untuk menilai keandalan tiap-tiap variabel proteksi pasif kebakaran pada kondisi eksisting Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean. Penilaian ini akan dilakukan oleh ahli proteksi pasif berdasarkan data-data hasil observasi dan wawancara di lapangan. Skala ordinal akan dibagi kedalam empat tingkat sebagaimana berikut ini.

Menurut (Barua, 2013) terdapat cara untuk menentukan titik potong pada skala Likert sebagai skala ordinal tanpa standar baku untuk skala ordinal tersebut. Likert (1932) menyatakan bahwa skala likert memiliki empat pertanyaan atau lebih yang digabungkan sehingga menghasilkan skor/nilai yang mewakili karakteristik pribadi seperti pengetahuan, sikap, dan perilaku. Selama analisis data, skor gabungan, biasanya merupakan jumlah atau rata-rata seluruh item kuesioner, dapat digunakan (Budiaji, 2013). Begitu pula dengan Garland (1991) yang memperhitungkan bias sosial ketika menentukan jumlah titik respons. Jumlah titik jawaban yang genap (4 poin) lebih disarankan daripada jumlah titik jawaban yang ganjil (5 poin) karena bias sosial akan berkurang. Bias sosial yang dimaksud adalah keinginan untuk menyenangkan pewawancara atau perasaan bahwa pewawancara akan dianggap membantu karena pewawancara menginginkannya. Partisipan cenderung merespon dengan memilih opsi netral (titik tengah). Penelitian (Garland, 1991) perlu dikembangkan lebih lanjut karena menurut (Preston & Colman, 2000) skor yang lebih rendah dari 5 memiliki reliabilitas, validitas, diskriminasi, dan stabilitas yang buruk.

Tabel 3.7 Penilaian kualitas proteksi pasif

Nilai	Kriteria	Interval
1	Tidak ada / Beresiko tinggi / Perlu perbaikan besar	0%-25%
2	Ada tapi tidak bekerja sesuai standar kelayakan / Beresiko sedang-tinggi	26%-50%
3	Ada, memenuhi standar, tapi masih dapat ditingkatkan / Beresiko rendah-sedang	51%-75%
4	Sangat baik / Sempurna/ beresiko rendah-tidak beresiko	76%-100%

Dapat diketahui melalui Tabel 3.7 skala ordinal yang akan digunakan mengurutkan jenjang dari yang bernilai rendah ke yang bernilai tinggi. Kriteria-

kriteria tersebut yang akan digunakan oleh ahli dalam memberikan nilai kepada kondisi eksisting. Apabila variabel tidak ada/beresiko sangat tinggi/perlu perbaikan besar maka nilainya adalah satu atau dalam skala interval 0%-25%. Jika variabel ada tapi tidak bekerja sesuai standar kelayakan/beresiko sedang-tinggi, maka nilainya adalah dua atau dalam skala interval 26%-50%. Jika variabel ada, memenuhi standar, tapi masih dapat ditingkatkan/beresiko rendah, maka nilainya adalah 3 atau dalam skala interval 51%-75%. Jika variabel dinilai sangat baik/sempurna, maka nilainya adalah empat atau dalam skala interval 76%-100%.

3.6 Rancangan Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk mendapatkan atau mengumpulkan data, yaitu dapat dengan menggunakan kuesioner, formulir observasi, formulir lain yang berkaitan dengan pencatatan data, dan lain-lain (Notoatmodjo, 2010). Pada penelitian ini, ada terdapat instrumen penelitian yang digunakan, daftar pertanyaan wawancara, (pedoman wawancara) dan formulir observasi. Wawancara mendalam (*In-depth Interview*) dilakukan untuk memperoleh keterangan berbasis tujuan penelitian dengan cara tanya jawab sambil bertatap muka antara pewawancara dengan narasumber, dengan atau tanpa menggunakan pedoman sebagai panduan wawancara (Sutopo. H. B., 2006).

Untuk instrumen wawancara narasumber, peneliti mengumpulkan informasi melalui interaksi verbal. Dimulai dengan menyiapkan daftar pertanyaan terstruktur yang berkaitan dengan penelitian, dilanjutkan dengan bertemu dengan narasumber dan mengajukan pertanyaan. Peralatan dan perlengkapan yang dapat digunakan selama periode wawancara termasuk tape recorder, kertas, pulpen, laptop, dan lain-

lain. Wawancara direncanakan dilakukan secara langsung tatap muka secara pribadi, melalui telepon/WA atau melalui sistem surat elektronik (email).

Adapun langkah-langkah perencanaan instrumen penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan tujuan wawancara terstruktur dan tidak terstruktur kepada narasumber tentang data atau informasi yang ingin di kumpulkan, yang berbasis tujuan utama penelitian.
- b. Membuat pertanyaan penelitian, berupa beberapa pertanyaan yang merupakan fokus utama dalam kuesioner.
- c. Mengembangkan hipotesis yang ingin di uji, dimana pertanyaan-pertanyaan dalam kuesioner harus diarahkan untuk menguji kebenaran hipotesis tersebut.
- d. Memilih tipe pertanyaan, dimana pada penelitian ini tipe pertanyaan yang digunakan adalah *tipe pertanyaan terbuka* (responden dapat untuk dapat menguraikan jawaban) dan *pertanyaan berupa skala bertingkat*. (memungkinkan responden untuk menilai suatu isu berdasarkan skala ukur yang disediakan).
- e. Mengembangkan pertanyaan wawancara, untuk mendapatkan daftar pertanyaan yang jelas, ringkas, dan lugas untuk mendapatkan jawaban yang lebih akurat dari narasumber

Narasumber dalam penelitian ini adalah narasumber yang ahli dan atau yang mengetahui informasi berkaitan dengan data-data yang dibutuhkan pada penelitian

ini. Ada 3 (tiga) jenis narasumber yang akan diperlukan data/informasi darinya, yaitu ; ahli bidang Sistem Proteksi Kebakaran, ahli atau berpengalaman tentang identifikasi Permukiman Rumah Tradisional Batak Toba, dan penduduk atau otoritas pemerintahan yang memiliki informasi tentang pengalaman peristiwa kebakaran yang pernah terjadi di wilayah penelitian. Berikut adalah rancangan daftar pertanyaan wawancara narasumber untuk peneliti ini :

1. Narasumber Ahli Kebakaran dan Sistem Proteksi Pasif Kebakaran

- a. Apasaja aplikasi Sistem Proteksi Pasif Kebakaran (SPPK) yang bisa diterapkan pada Permukiman dan Bangunan Rumah Tradisional Batak Toba (RTBT) ?
- b. Bagaimana perbandingan kepentingan antar tiap aspek SPPK pada objek Permukiman Tradisional Batak Toba ?
- c. Bagaimana urutan kepentingan aspek/variabel SPPK pada objek Permukiman Tradisional Batak Toba ?
- d. Sejauh mana dapat dilakukan peningkatan performa SPPK pada Permukiman RTBT, ide dan usulan (bila diperlukan) , mengenai SPPK yang kompatibel pada Permukiman Tradisional Batak Toba ?

Selanjutnya data-data hasil wawancara ini, diperlukan sebagai dasar pertimbangan membuat keputusan pada penggunaan metode AHP dan *Expert Choice*, sebagai evaluasi keandalan (performance base) SPPK pada Permukiman RTBT.

2. Narasumber pakar Permukiman dan Bangunan Rumah Tradisional Batak Toba
 - a. Desain Arsitektur Permukiman RTBT dan proses membangun
 - b. Sistem Struktur dan Konstruksi Bangunan RTBT
 - c. Sistem pendukung proteksi kebakaran eksisting pada Permukiman RTBT
 - d. Bagaimana pengaruh modernisasi terhadap perubahan bentuk dan fungsi bangunan?
 - e. Sejauhmana pengaruh kemungkinan perubahan disebabkan adanya kebutuhan SPPK?
3. Narasumber yang mengetahui dan terkena dampak peristiwa kebakaran yang pernah terjadi
 - a. Bagaimana proses terjadinya kebakaran pada RTBT?
 - b. Bagaimana dampak sosial yang dialami masyarakat akibat peristiwa kebakaran tersebut?
 - c. Bagaimana kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana kebakaran?

3.7 Metode Analisa Data

Metode analisa data dilakukan berbasis tujuan penelitian, yaitu ; melakukan evaluasi SPPK pada Permukiman RTBT, menentukan alternatif-alternatif opsional SPPK yang dapat diterapkan pada Permukiman RTBT, dan selanjutnya mendapatkan solusi optimal SPPK untuk Permukiman RTBT. Untuk mengevaluasi keandalan SPPK bangunan eksisting, metode yang digunakan adalah dengan menggunakan analisis pengambilan keputusan dengan metode *Analytic Hierarchy*

Process (AHP). Metode ini pernah dipakai pada beberapa penelitian sejenis diantaranya tentang Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP (Lai dkk., 2011) A Group-AHP Decision Analysis For The Selection Of Applied fire Protection To Steel Structures (Akaa dkk., 2016), The Development of Fire Risk Assessment Method for Heritage Building (Ibrahim dkk., 2011), A Ranking System For Fire Safety Performance of Student Housing Facilities (Hassanain dkk., 2017), dan Emergency Rescue Capability Evaluation On Urban fire Stations In China (Chen dkk., 2020).

Pada tahap awal, data-data variabel penelitian, sebagai input data metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Adapun langkah prosedurnya yaitu membuat membandingkan tingkat kepentingan antar variabel penelitian dengan melakukan penilaian kriteria turunan terkecil dari aspek variabel. Evaluasi SPPK, menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)* untuk mendapatkan hierarki bobot tiap variabel dalam membentuk sistem proteksi pasif RTBT. Sumber data pada tahap ini berupa literatur dan pandangan dari narasumber ahli.

Selanjutnya dilakukan juga analisis pengolahan data primer (melalui observasi di lapangan), dan data hasil wawancara mendalam (*depth interview*) dengan narasumber. Metode yang digunakan adalah metode penilaian dengan skala ordinal yang dilakukan oleh narasumber ahli. Metode ini pernah dipakai pada beberapa penelitian sejenis diantaranya berjudul *A Group-AHP Decision Analysis For The Selection Of Applied fire Protection To Steel Structures* (Akaa dkk., 2016). *The 3Es (Education, Engineering, and Enforcement) of Fire Prevention Services in the Age of Local Government Retrenchment* (Donahue & Hendershot, 2021) dan *Tactics,*

Objectives, And Choices: Building A Fire Risk Index (Koutsomarkos dkk., 2020)

Skema metode analisa data dapat digambarkan sebagai berikut.

Tabel 3.8 Metode analisa data

Rumusan masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Deskriptif	AHP
Bagaimana keandalan Sistem Proteksi pasif kebakaran pada Kondisi Eksisting Permukiman Tradisional Batak Toba ?	Desain <i>Site</i>	Penataan blok massa	Susunan massa dalam <i>site</i>	✓	✓
			Posisi massa terhadap jalan	✓	✓
		Jarak antar bangunan	Lebar Jarak	✓	✓
			Bukaan saling berhadapan	✓	✓
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas	✓	✓
			Jarak	✓	✓
		Ketersediaan ruang terbuka	Luasan	✓	✓
			Kondisi permukaan	✓	✓
		Benda Mudah Terbuka	Benda dapat berpindah	✓	✓
			Benda tidak dapat berpindah	✓	✓
	Aksesibilitas	Keberadaan PMK terdekat	Waktu tempuh	✓	✓
			Jumlah Armada	✓	✓
		Kondisi jalan menuju <i>site</i>	Dimensi jalan	✓	✓
			Kondisi permukaan jalan	✓	✓
			Topografi	✓	✓
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel	✓	✓
			akomodasi manufer unit pmk	✓	✓
	Struktur Bangunan	Stabilitas	Kolom, balok,	✓	✓

Rumusan masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Deskriptif	AHP
			rangka atap		
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	✓	✓
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	✓	✓
	Material Bangunan	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	✓	✓
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	✓	✓
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	✓	✓
		Resistensi	Dinding, lantai, atap	✓	✓
	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang, posisi ruang	✓	✓
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan, beban penggunaan	✓	✓
Bagaimana Optimalisasi Sistem Proktesi Pasif Kebakaran pada Desain Bangunan dan Ruang Luar dalam Permukiman Tradisional Batak Toba	Desain <i>Site</i>	Penataan blok massa	Susunan massa dalam <i>site</i>	✓	✓
			Posisi massa terhadap jalan	✓	✓
		Jarak antar bangunan	Lebar Jarak	✓	✓
			Bukaan saling berhadapan	✓	✓
		Keberadaan sumber daya air	Kapasitas	✓	✓
			Jarak	✓	✓
		Ketersediaan ruang terbuka	Luasan	✓	✓
			Kondisi permukaan	✓	✓
		Benda Mudah Terbuka	Benda dapat berpindah	✓	✓
			Benda tidak dapat berpindah	✓	✓

Rumusan masalah	Variabel	Indikator	Parameter	Deskriptif	AHP
	Aksesibilitas	Keberadaan PMK terdekat	Waktu tempuh	✓	✓
			Jumlah Armada	✓	✓
		Kondisi jalan menuju <i>site</i>	Dimensi jalan	✓	✓
			Kondisi permukaan jalan	✓	✓
			Topografi	✓	✓
		Akses di dalam <i>site</i>	Keberadaan obstakel	✓	✓
			akomodasi manufer unit pmk	✓	✓
	Struktur Bangunan	Stabilitas	Kolom, balok, rangka atap	✓	✓
		Integritas	Kolom, balok, rangka atap	✓	✓
		Konduktivitas	Kolom, balok, rangka atap	✓	✓
	Material Bangunan	Flamabilitas	Dinding, lantai, atap	✓	✓
		Konduktivitas	Dinding, lantai, atap	✓	✓
		Perambatan	Dinding, lantai, atap	✓	✓
		Resistensi	Dinding, lantai, atap	✓	✓
	Tata Ruang	Susunan ruangan	Kepadatan ruang, posisi ruang	✓	✓
		Instalasi Listrik	Distribusi jaringan, beban penggunaan	✓	✓

3.7.1 Sistem Keandalan dengan AHP

Perbandingan nilai hirarki antar variabel, indikator, dan parameter sistem proteksi pasif dilakukan menggunakan metode AHP. Metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP) memecahkan suatu situasi tidak terstruktur yang kompleks kedalam beberapa komponen menjadi susunan yang hirarki. Instrumen utama metode AHP adalah sebuah hirarki fungsional dengan input utama adalah persepsi manusia dalam hal ini ahli pada bidang yang diuji. Cara kerjanya adalah dengan memberi nilai subjektif mengenai pentingnya masing-masing variabel secara relatif, dan membentuk perangkingan variabel mulai dari prioritas tertinggi hingga terendah guna memengaruhi hasil pada situasi .

Variabel-variabel ditempatkan pada tabel dengan matrik berpasangan. Menurut Saaty (1988) digunakan nilai skala perbandingan sebagai ukuran sebagaimana ditunjukkan pada skala di bawah ini (Tabel 3.9). Masing-masing angka menunjukkan nilai intensitas kepentingan.

Tabel 3.9 Skala perbandingan nilai intensitas kepentingan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Sama penting dengan yang lain
3	Sedikit lebih penting dibanding lain
5	Cukup penting dibanding yang lain
7	Sangat penting dibanding yang lain
9	Ekstrem pentingnya dibanding yang lain
2,4,6,8,10	Nilai diantara dua penilaian yang berdekatan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
Resiprokal	Jika elemen I memiliki salah satu angka di atas dibandingkan eelemen J, maka J memiliki nilai kebalikannya ketika dibanding dengan I

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008

Metode analisa AHP dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah penilaian oleh ahli. Ahli memberikan nilai pada masing variabel yang dibandingkan dengan variabel lainnya. Hasil dari penilaian-penilaian tersebut kemudian dilanjutkan ketahap sintesis. Tahap kedua adalah tahap sintesis. Pada tahapan ini dilakukan penjumlahan nilai-nilai dari setiap kolom yang ada pada matriks. Kemudian membagi setiap nilai yang ada pada kolom dengan hasil penjumlahan total nilai dari kolom yang bersangkutan. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh normalisasi matriks. Kemudian nilai dari setiap baris dijumlahkan dan lalu dibagi dengan jumlah elemen. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh nilai rata-rata.

Tahapan diatas digunakan untuk mendapatkan nilai hierarki antar variabel ,nilai hierarki antar indikator dalam satu variabel, dan nilai hierarki parameter dalam satu indikator. Setelah seluruh nilai tersebut didapatkan, maka dicari nilai hierarki parameter secara menyeluruh dari semua variabel. Nilai hierarki seluruh parameter didapatkan melalui dua tahapan. Tahapan pertama dengan cara mengalikan nilai rata-rata indikator dan hierarki variabel kemudian dibagi dengan 100%. Tahapan kedua dengan cara mengalikan nilai rata-rata parameter dan hierarki indikatorl kemudian dibagi dengan 100%.

3.7.2 Tingkat Keandalan dengan Skala Ordinal

Setelah mendapatkan urutan hierarki, tahapan selanjutnya adalah pengolahan data skala ordinal. Dari skala ordinal didapatkan data berbentuk angka yang merupakan nilai kualitas eksisting dari parameter, indikator dan variabel. Nilai-nilai ini tidak dapat berdiri sendiri karena nilai-nilai tiap parameter memiliki bobot yang berbeda sesuai hierarkinya. Hasil akhir yang dituju adalah persentase nilai eksisting dari masing-masing variabel, indikator, parameter serta persentase tingkat capaian SPPK eksisting secara keseluruhan.

Nilai-nilai dari data skala ordinal kemudian diterjemahkan menjadi nilai keandalan eksisting. Nilai keandalan eksisting diolah menjadi persentase nilai keandalan parameter eksisting dengan rumus :

$$\text{Persentase nilai keandalan parameter eksisting} = \frac{(\text{nilai parameter eksisting})}{(4 \times \text{nilai hierarki prioritas parameter})}$$

Dimana empat adalah nilai maksimal per parameter yang dapat dicapai sebagai mana pada ketentuan skala ordinal.

Setelah mendapatkan persentase nilai keandalan indikator eksisting, selanjutnya adalah mencari persentase nilai keandalan indikator eksisting dengan cara menjumlahkan angka persentase nilai keandalan seluruh parameter pada masing-masing indikator. Begitu pula selanjutnya untuk mendapatkan persentase nilai variabel eksisting. Persentase nilai variabel eksisting adalah hasil penjumlahan seluruh angka persentase nilai indikator eksisting pada masing-masing variabel.

Sedangkan untuk mengetahui persentase tingkat capaian keandalan SPPK eksisting masing-masing variabel, indikator, ataupun parameter adalah dengan membagi persentase nilai keandalan eksistingnya dengan nilai hierarki variabel, indikator, ataupun parameter itu sendiri.

3.7.3 Optimalisasi dengan Meta Analisis

Meta-analisis adalah alat yang banyak digunakan yang dikembangkan untuk memecahkan masalah akumulasi pengetahuan (Schmidt & Hunter, 2014). Meta-analisis merangkum hasil dua penelitian atau lebih untuk menggabungkan, mengevaluasi, dan merangkum penelitian sebelumnya. Selain itu, meta-analisis juga dapat digunakan untuk mengkaji pertanyaan-pertanyaan yang berbeda berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya dan salah satu syarat yang diperlukan untuk melakukan Meta-analisis adalah pemeriksaan terhadap hasil penelitian yang sejenis (Mansyur & Iskandar, 2017).

Pada penelitian ini meta-analisis dilakukan terhadap hasil hirarki kepentingan variabel dari metode AHP dan tingkat keandalan SPPK variabel dari skala ordinal. Korelasi keduanya menghasilkan nilai keandalan akumulatif yang menggambarkan kondisi keandalan eksisting dari objek penelitian. Nilai keandalan akumulatif kemudian ditafsirkan lagi menjadi hierarki prioritas optimalisasi, hasil tersebut kemudian menjadi acuan dalam membuat rekomendasi optimalisasi.

Untuk mendapatkan nilai keandalan akumulatif, dimulai dengan mencari *Nilai keandalan parameter SPPK*. Nilai ini diperoleh dari perkalian persentase

keandalan parameter dengan nilai hierarki parameter. Selanjutnya nilai keandalan indikator adalah hasil penjumlahan nilai keandalan parameter dalam 1 indikator. Kemudian, nilai keandalan variabel adalah hasil dari penjumlahan nilai keandalan indikator dalam 1 variabel. Terakhir nilai keandalan kumulatif SPPK objek penelitian adalah hasil penjumlahan seluruh nilai keandalan variabel.

Langkah pertama untuk mendapatkan hierarki prioritas optimalisasi adalah dengan mencari persentase potensi untuk dioptimalisasi, angka ini diperoleh dari selisih nilai keandalan variabel dengan nilai hierarki variabel yang menghasilkan angka potensi optimalisasi per variabel. Sigma dari angka potensi optimalisasi per variabel disebut kumulatif angka potensi optimalisasi. Angka potensi optimalisasi per variabel dibagi dengan kumulatif angka potensi optimalisasi yang kemudian menghasilkan hierarki prioritas optimalisasi.

3.8 Validitas dan Realibilitas Data

Uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah validitas konstruk (*construct validity*) , yang diperoleh dengan menguji validitas para ahli (*expert judgment*). Metode ini digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi secara sistematis apakah unsur-unsur alat ukur memenuhi persyaratan objek yang diukur. Menurut Suryabrata, 2000 validitas konstruk menjelaskan sejauh mana skor-skor hasil dari pengukuran dengan suatu instrumen dapat merefleksikan konstruk teoritik yang menjadi dasar penyusunan alat ukur tersebut.

Instrumen non tes mempunyai validitas konstruk jika instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur konsep sesuai dengan yang diidefinisikan. Misalnya,

untuk mengukur kinerja SPPK perlu diketahui terlebih dahulu apa itu definisi dari Sistem Proteksi Pasif Kebakaran (SPPK). Kemudian disiapkan instrumen untuk mengukur kinerja SPPK sesuai definisi (yang diperoleh dari hasil kajian teori). Jika bangunan teorinya sudah benar, maka hasil pengukuran dengan alat pengukur yang berbasis pada teori itu sudah dipandang sebagai hasil yang valid (Hadi, 2001).

3.8.1 Validitas AHP

Tahap pengujian untuk memastikan validitas dan realibilitas nilai hierarki yang didapatkan dari proses pengolahan data dengan metode AHP. Langkah pengujian pertama adalah dengan menjumlahkan keseluruhan nilai yang ada di baris rata-rata, jika hasil yang didapatkan adalah 1, maka matriks dinyatakan dapat dinyatakan benar. Langkah pengujian kedua adalah mengukur konsistensi penilaian. Nilai maksimum dari konsistensi ratio adalah $\leq 0,1$. Langkah-langkah pengujian konsistensi penilaian adalah pertama yaitu dengan mengalikan setiap nilai yang ada di kolom pertama dengan prioritas relatif elemen pertama, nilai pada elemen kedua dengan prioritas relatif elemen kedua, dan seterusnya. Langkah kedua adalah menjumlahkan setiap baris. Hasil dari penjumlahan baris tersebut kemudian dibagi dengan elemen prioritas relatif yang bersangkutan. Jumlahkan hasil bagi tersebut dengan banyaknya elemen yang ada hasilnya disebut I maks.

Tabel 3.10 Daftar indeks random konsistensi (Ir)

N	IR
1	0
2	0
3	0,58

N	IR
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

Setelah melakukan langkah-langkah tersebut, selanjutnya adalah melakukan perhitungan konsistensi ratio dengan rumus $CR=CI/IR$. Dimana CR (*Consistency Ratio*), CI (*Consistency Index*), dan IR (*Index Random Consistency*). CI (*Consistency Index*) dapat dicari dengan rumus $CI=(\lambda_{maks}-n)/(n-1)$, dimana n adalah banyaknya elemen. Sedangkan nilai IR (*Index Random Consistency*) dapat dilihat dari daftar indeks random konsistensi (Tabel 3.10). Apabila dari hasil perhitungan konsistensi rasio didapatkan hasil $\leq 0,1$, maka hasil analisa menggunakan metode AHP dapat dikatakan konsisten dan valid.

3.8.2 Validitas Skala Ordinal

Agar suatu instrumen pengukuran yang dilakukan dalam penelitian menjadi instrumen pengukuran yang standar atau diterima, maka instrumen pengukuran tersebut harus lulus uji reliabilitas dan validitas data, uji validitas menurut pendapat

dari ahli dapat menggunakan rumus pearson product moment, kemudian setelah itu diuji dengan menggunakan uji t dan setelah itu baru dilihat penafsiran dari indeks korelasinya (Hidayat, 2021).

$$r_{hitung} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

Keterangan :

r_{hitung} : koefesien korelasi
 $\sum Xi$: jumlah skor item
 $\sum Yi$: jumlah skor total (item)
 n : jumlah responden

Rumus : Uji t

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}}$$

Gambar 3.3 Rumus *pearson product moment*

Sumber : Google, 2023

Untuk tabel $t \alpha = 0,05$ derajat kebebasan ($dk = n-2$)

Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ berarti valid demikian sebaliknya, $t_{hitung} < t_{tabel}$ tidak valid, apabila instrumen valid, maka indeks korelasinya (r) adalah sebagai berikut:

0,800 - 1,000 : sangat tinggi

0,600 – 0.799 : tinggi

0,400 – 0,599 : cukup tinggi

0,200- 0,399 : rendah

0,000- 0,199 : Sangat rendah atau tidak valid

BAB IV

Deskripsi Objek Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Pangururan Kabupaten Samosir, yaitu Kampung Ulos Hutaraja Desa Lumban Suhi-suhi Toruan. Sejak awal masyarakatnya merupakan seorang penenun, sehingga kampung tersebut disebut dengan Kampung Ulos. Para penenun menjual kain ulosnya melalui bazar maupun pameran. Kampung Ulos Hutaraja melakukan pemberdayaan untuk mengembangkan kain ulos sebagai upaya revitalisasi, termasuk dalam mengembangkan desa sebagai desa wisata (Fitriyani & Rachmawati, 2022).



Gambar 4.1 Kerajinan ulos Kampung Ulos Hutaraja Desa Lumban Suhi-suhi Toruan

Maka dari itu, berdasarkan hasil observasi peneliti terhadap kampung tersebut, terlihat bahwa desa Lumban Suhi-suhi Toruan khususnya Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean kerap dikunjungi oleh para wisatawan baik yang lokal maupun yang berasal dari mancanegara. Proses kerajinan ulos yang ditenun langsung oleh masyarakat setempat menjadi atraksi yang menarik bagi wisatawan (Gambar 4.1).



Gambar 4.2 Foto udara Kampung Ulos Huta Raja

Sumber : Google, 2023

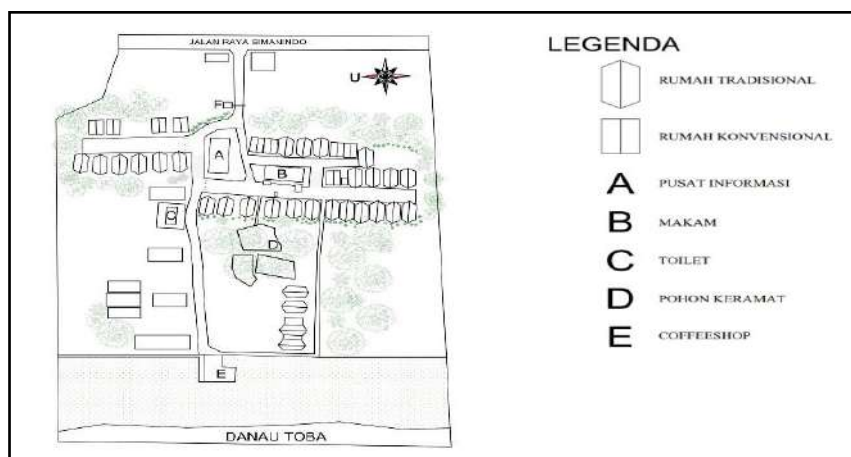
Untuk mengunjungi Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean melalui jalan darat dibutuhkan waktu tempuh sekitar 40 menit apabila dari desa Tomok, sedangkan jika dari Pangururan dibutuhkan waktu sekitar 20 menit. Kampung ini juga terletak tidak jauh dari tepi jalan utama jalan lintas Kabupaten Samosir dan berada pada daratan yang relatif datar serta berbatasan langsung dengan Danau Toba. Sehingga Kampung Ulos Hutaraja tak hanya kaya akan budaya, namun juga memiliki pemandangan alam yang indah (Gambar 4.2).



Gambar 4.3 Foto suasana Kampung Ulos Hutaraja

Kampung ini pada awalnya merupakan dua huta yang berbeda yaitu Hutaraja dan Huta Pardamean, pada mulanya yang dipilih untuk dikembangkan menjadi sentra ulos hanya desa Hutara, akan tetapi karena letak dan ikatan kekeluargaan antara kedua huta yang sangat dekat, maka warga setempat mengusulkan untuk dilakukan pengembangan bersama terhadap kedua desa tersebut. Saat ini kedua desa sudah dikembangkan bersama menjadi sentra pengrajin ulos.

Secara keseluruhan terdapat tiga puluh unit rumah Tradisional Batak Toba di kawasan ini. Rumah-rumah tersebut tersusun secara berhadapan sebagaimana layout Permukiman Tradisional Batak Toba pada umumnya. Rumah-rumah tradisional yang ada di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean memiliki usia yang bervariasi, mulai dari ratusan tahun, yaitu rumah raja yang pertama kali dibangun saat awal terbentuk huta, hingga rumah-rumah tradisional baru yang dibangun saat pengembangan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean pada rentang waktu tahun 2020-2021 (Gambar 4.3).



Gambar 4.4 Peta skematik Kampung Ulos-Hutaraja

Setelah dilakukan pengembangan, Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean saat ini sudah dilengkapi dengan beberapa fasilitas pendukung wisata seperti pusat

informasi, toilet umum, dan *coffeeshop*. Empat rumah adat baru turut dibangun, serta beberapa rumah yang awalnya bukan rumah tradisional Batak Toba, kemudian dibongkar dan dibangun ulang menjadi rumah tradisional Batak Toba (Gambar 4.4).

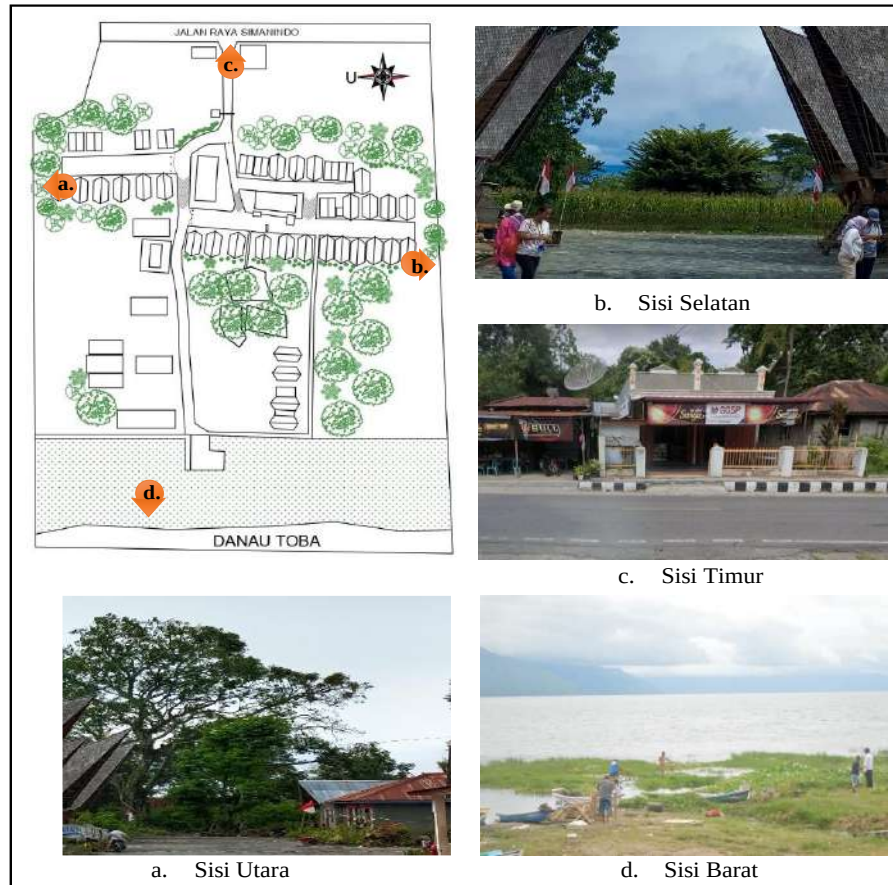


Gambar 4.5 Pintu masuk Kampung Ulos Huta Raja-Pardamean

Kabel-kabel dan tiang listrik sudah tidak terlihat karena sudah menggunakan sistem distribusi listrik bawah tanah. Pertimbangan estetika menjadi alasan digunkannya sistem distribusi listrik bawah tanah. Proteksi kebakaran juga sudah ditingkatkan dengan menambahkan *hydrant pilar*, *hydrant box*, dan *siamese connection* untuk melindungi aset budaya yang ada di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.

Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean tidak berada langsung di tepi Jalan Raya Simanindo, melainkan letaknya berada 50 meter dari akses masuk yang berada di tepi jalan tersebut. Namun, pemandangan permukiman-permukiman tradisional yang berjajar sudah dapat dilihat dari sisi jalan. Di bagian tepi jalan

terdapat *signage* yang menjadi penanda lokasi akses masuk menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean (Gambar 4.5).



Gambar 4.6 Batas Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

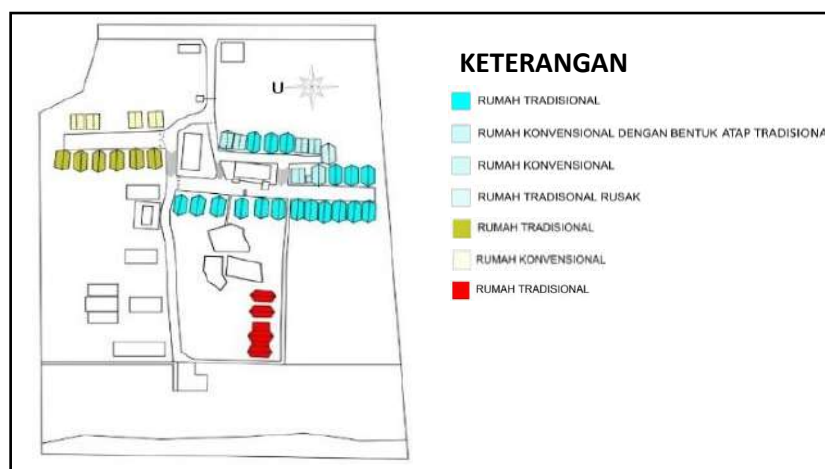
Pada sisi utara Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean berbatasan dengan pepohonan yang menjadi pemisah dengan kampung lainnya, Pada sisi selatan berbatasan dengan lahan pertanian milik warga yang ditanamai dengan tumbuhan jagung, Pada sisi timur berbatasan dengan beberapa rumah warga dan kemudian Jalan Raya Simanindo, dan pada sisi barat berbatasan dengan Danau Toba (Gambar 4.6). Tepi danaunya berupa rawa yang ditumbuhi tanaman liar. Cukup banyak ditemukan kapal-kapal kecil nelayan yang bersandar. Kegiatan menangkap ikan juga masih sering dilakukan masyarakat setempat.

4.1 Desain Site Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Desain *site* adalah perencanaan yang mengatur tapak (*site*) bangunan, meliputi tata letak dan orientasi bangunan, jarak antar bangunan, penempatan hidran halaman, penyediaan ruang-ruang terbuka dan sebagainya dalam rangka mencegah dan meminimasi bahaya kebakaran (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008). Beberapa indikator yang digunakan pada penelitian ini, yaitu penataan blok massa, keberadaan sumber air, jarak antar bangunan, ketersediaan ruang terbuka, dan keberadaan benda mudah terbakar.

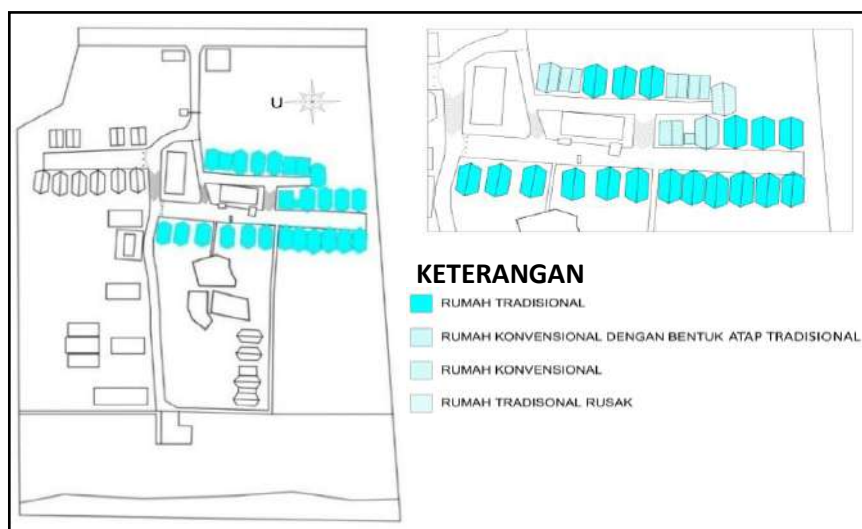
4.1.1 Penataan Blok Massa

Kampung Ulos Hutaraja berada di sisi barat pulau Samosir, tidak jauh dari tepi jalan utama Pangururan dan berbatasan langsung dengan Danau Toba. Apabila wisatawan datang dari Jalan Raya Simanindo, maka selanjutnya dapat berbelok ke arah barat melewati jalan kecil dengan jarak sejauh 50m. Setelah melewati jalur tersebut, maka akan tiba di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.



Gambar 4.7 Penataan blok massa Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

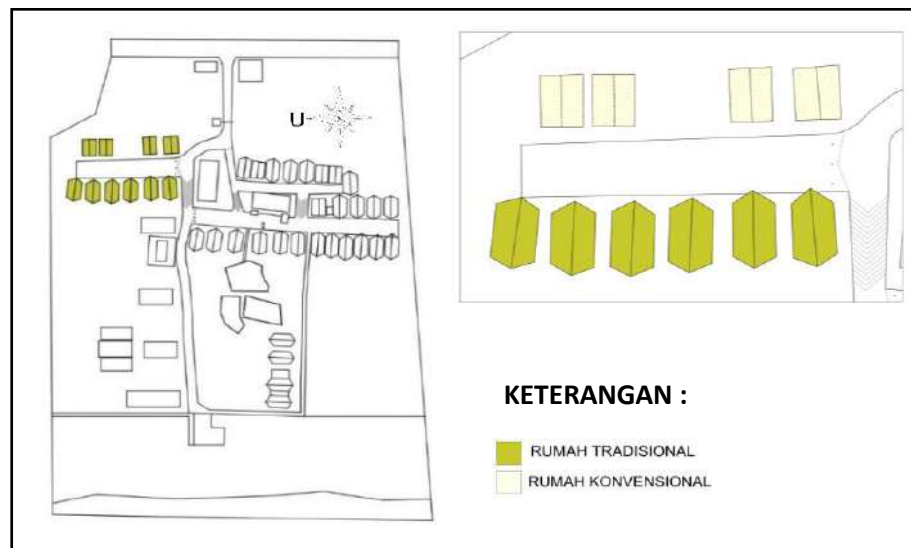
Pada Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean terdapat 39 bangunan dengan fungsi rumah tinggal, dan 3 bangunan fasilitas pendukung. Apabila dilihat dari layout desa, bangunan-bangunan pada Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean terkonsentrasi pada tiga titik. Satu blok pada sisi utara, satu blok pada sisi selatan dan satu blok pada sisi Barat. Blok dengan bangunan terpadat adalah blok di sisi Selatan dan balok yang paling jarang adalah blok di sisi barat (Gambar 4.7).



Gambar 4.8 Penataan blok massa Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Blok dengan massa bangunan terbanyak adalah blok sisi selatan dengan jumlah 25 bangunan rumah (Gambar 4.8). 18 unit diantaranya adalah rumah tradisional yang dalam kondisi baik yang masing-masingnya sudah memiliki bagian ekstensi di bagian belakangnya, 2 unit non rumah adat namun menggunakan bentukan rumah adat, unit rumah adat dalam kondisi rusak berat, dan 4 unit rumah konvensional. Blok ini terdiri dari 3 baris massa bangunan. Tiga baris tersebut saling berhadapan. Baris paling barat mengarah ke jalan sedangkan baris tengah dan timur mengarah ke danau. Baris paling barat adalah yang jumlah unitnya paling banyak, yaitu 12 unit, baris tengah terdiri dari 5 unit, dan baris paling timur terdiri

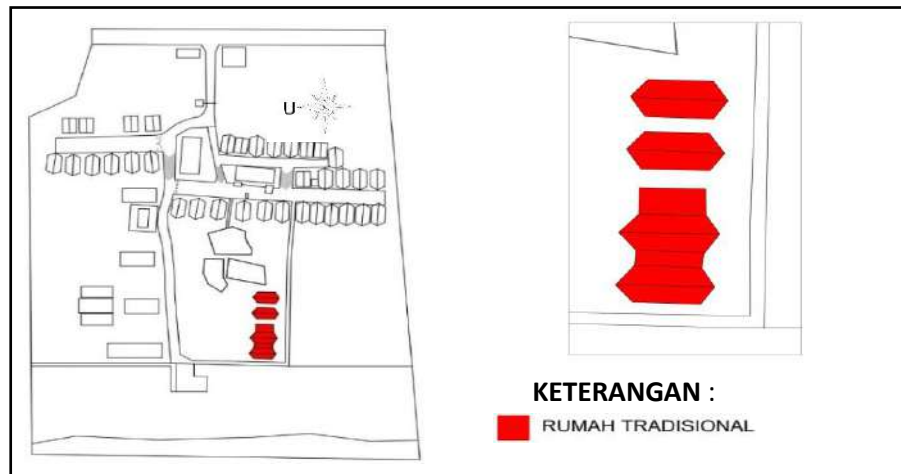
dari 8 unit. Blok selatan adalah blok yang posisinya paling dekat dengan Jalan Raya Simanindo yaitu sekitar 50m. Sisi utara blok ini berbatasan dengan jalan lingkungan dan Huta Pardamean, sisi selatan berbatasan dengan kebun jagung, sisi timur berbatasan dengan rumah warga serta Jalan Raya Simanindo, dan sisi barat berbatasan dengan Pohon Keramat.



Gambar 4.9 Penataan blok massa Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Blok sisi utara adalah kawasan Huta Pardamean. Terdapat 10 unit rumah tinggal (Gambar 4.9). Enam diantaranya adalah rumah tradisional yang dalam kondisi baik yang masing-masingnya sudah memiliki bagian ekstensi di bagian belakangnya dan 4 lainnya adalah rumah konvensional. Blok ini terdiri dari 2 baris massa bangunan yang saling berhadapan, yaitu baris barat dan baris timur. Semua bangunan tradisional berada di baris barat yang menghadap ke arah jalan, sedangkan semua bangunan rumah konvensional berada di baris timur yang menghadap ke arah Danau Toba. Letaknya dari blok selatan relatif dekat, hanya berseberangan jalan lingkungan yang lebarnya sekitar 8m. Jarak blok utara dari Jalan

Raya Simanindo adalah sekitar 80m. Sisi utara blok ini berbatasan dengan pepohonan, sisi selatannya berbatasan dengan jalan lingkungan dan Hutaraja, sisi timur berbatasan dengan rumah warga dan Jalan Raya Simanindo, dan sisi barat berbatasan dengan rumah warga dan lahan pertanian.



Gambar 4.10 Penataan blok massa Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Blok sisi barat adalah blok yang terdiri dari 4 unit rumah adat baru yang juga sudah memiliki area ekstensi pada bagian belakang bangunannya (Gambar 4.10). Rumah-rumah adat pada blok ini dibangun pada tahun 2020. Tidak seperti layout Permukiman Tradisional Batak Toba lainnya yang berhadapan, blok ini hanya terdiri dari satu baris yang menghadap ke arah utara. Posisinya terpisah sekitar 100m dari dua blok lainnya dan dihubungkan dengan jalan beton yang menerus hingga ke tepi Danau Toba pada area depan rumah.

Sedangkan pada sisi belakangnya juga terdapat penghubung berupa jalan setapak menuju blok permukiman di sisi selatan. Jarak blok barat dari Jalan Raya Simanindo adalah sekitar 200m. Sisi utara blok ini berbatasan dengan ruang terbuka, jalan lingkungan, dan rumah warga, sisi selatannya berbatasan dengan

pepohonan dan lahan pertanian, sisi timur berbatasan dengan pohon keramat dan Hutaraja, serta sisi barat berbatasan dengan tepian Danau Toba. Seluruh rumah pada blok ini adalah bangunan baru yang dibangun tahun 2020 dengan biaya mencapai 800jt dengan proses konstruksi 3 bulan.

4.1.2 Jarak Antar Bangunan

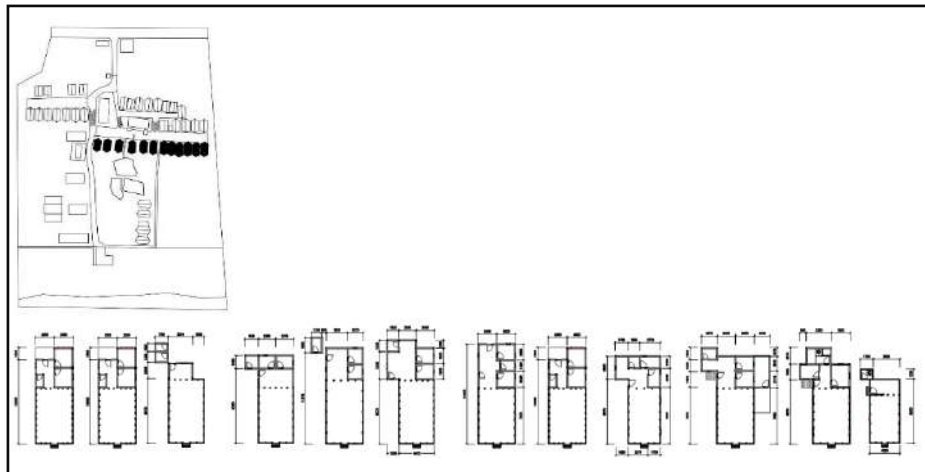
Jarak antar bangunan meliputi lebar jarak dan bukaan yang saling berhadapan. Jarak antar bangunan pada Permukiman Tradisional Batak Toba tidak memiliki ketentuan lebar jarak yang pasti. Sehingga lebar jarak antar bangunannya sangat beragam. Bukaan saling berhadapan berada pada sisi samping bangunan dimana satu bukaan pada sebuah bangunan berhadapan dengan bukaan pada bangunan lain yang berada di sebelahnya.



Gambar 4.11 Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Jarak antar bangunan pada blok massa selatan baris paling barat pada sisi depan berkisar antara 2-4,2m atau apabila dihitung rata-rata adalah 2,75m. Pada sisi belakang jarak memendek akibat adanya bangunan ekstensi. Terdapat 8 unit rumah

dengan bangunan ekstensi yang melebar ke sisi samping bangunan utama. 4 unit lainnya juga memiliki bangunan ekstensi namun ukuran lebarnya sama dengan bangunan utama sehingga tidak mengurangi lebar jarak antar bangunan. Jarak bangunan pada sisi belakang berkisar antara 0,6-1,5m atau apabila dihitung rata-rata adalah 1,345m (Gambar 4.11).



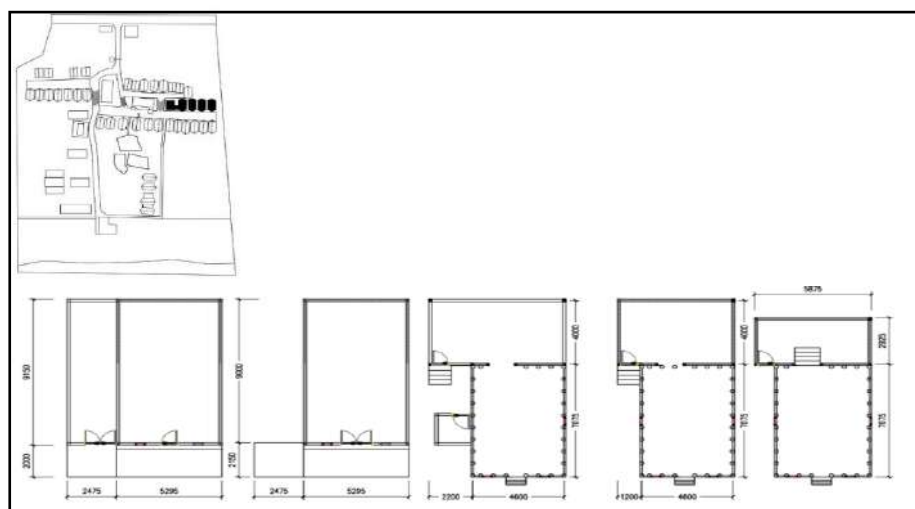
Gambar 4.12 Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Dari denah (Gambar 4.12) dapat diketahui jumlah dan posisi bukaan pada rumah-rumah di blok massa selatan baris paling barat. Bangunan rumah pada blok sisi barat seluruhnya memiliki area ekstensi baik yang menempel dengan bangunan maupun terpisah. Area ekstensi umumnya memiliki akses pintu pada sisi kiri bangunan. Hanya ada satu rumah yang memiliki akses area ekstensi pada sisi kanan bangunan. Sehingga tidak ditemukan bukaan pintu yang saling berhadapan antar dua bangunan yang berdampingan. Selain itu jendela pada sisi samping bangunan juga tidak banyak ditemukan.



Gambar 4.13 Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

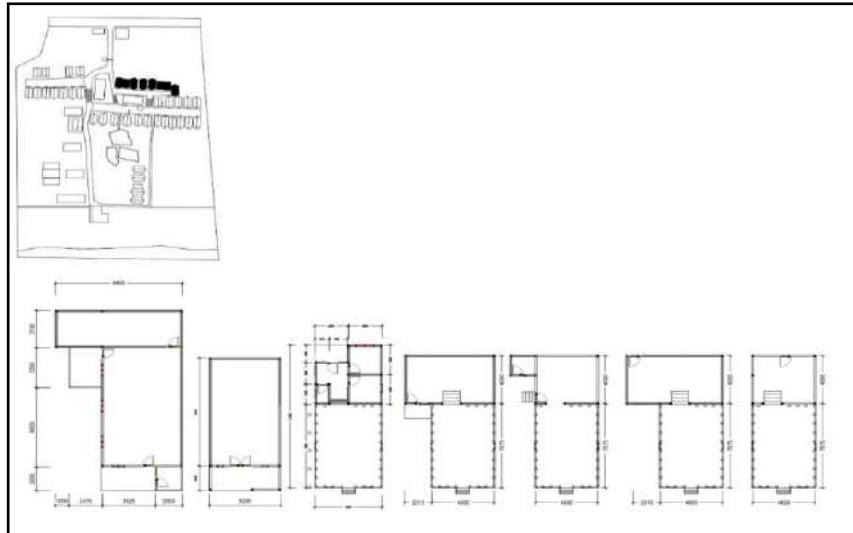
Jarak antar bangunan pada blok massa selatan baris tengah pada sisi depan berkisar antara 1,6-3,6m atau apabila dihitung rata-rata adalah 2,55m. Pada sisi belakang jarak memendek akibat adanya bangunan ekstensi. Seluruh unit rumah memiliki bangunan ekstensi yang melebar ke sisi samping bangunan utama. 1 unit diantaranya memiliki bangunan ekstensi tidak hanya pada sisi belakang, namun juga memanjang hingga ke sisi depan bangunan. Jarak bangunan pada sisi belakang berkisar antara 2,6-1m atau apabila dihitung rata-rata adalah 1,55m (Gambar 4.13).



Gambar 4.14 Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Jarak antar bangunan pada blok massa selatan baris utara pada sisi depan berkisar antara 1,8-3,6m atau apabila dihitung rata-rata adalah 2,38m. Pada sisi belakang jarak memendek akibat adanya bangunan ekstensi. Terdapat 3 unit rumah dengan bangunan ekstensi yang melebar ke sisi samping bangunan utama. 1 unit yang juga bangunan ekstensi yang melebar ke sisi samping, namun ekstensi tidak mengurangi lebar jarak karena ekstensi berada pada sisi luar baris bangunan. 3 unit

lainnya memiliki bangunan ekstensi namun ukuran lebarnya sama dengan bangunan utama sehingga tidak mengurangi lebar jarak antar bangunan. Jarak bangunan pada sisi belakang berkisar antara 1,1-1,3m atau apabila dihitung rata-rata adalah 1,63m (Gambar 4.15).



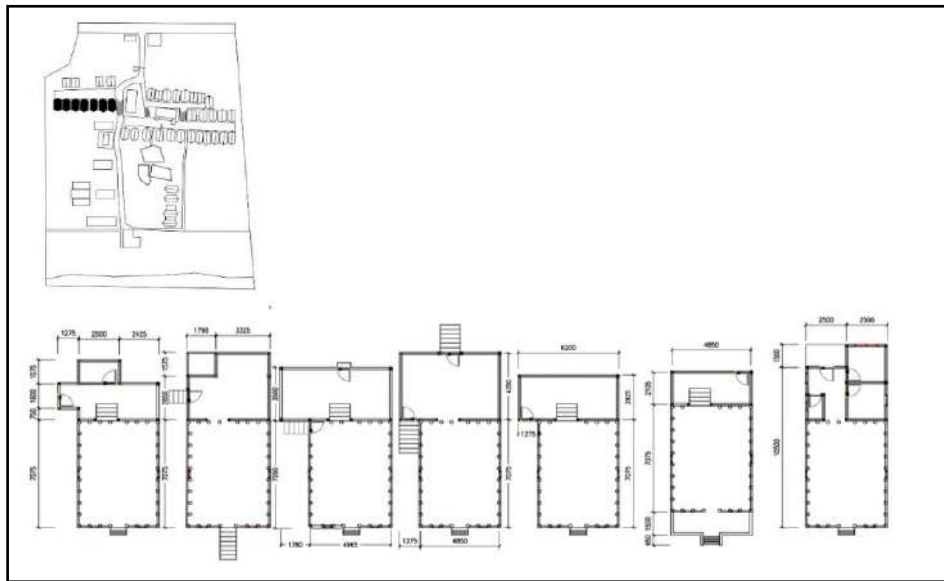
Gambar 4.16 Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Dari denah (Gambar 4.16) dapat diketahui jumlah dan posisi bukaan pada rumah-rumah di blok massa bangunan selatan baris paling timur. Bangunan rumah pada blok ini terdiri dari 2 rumah konvensional dan 5 rumah tradisional yang dilengkapi dengan area ekstensi. Pada 1 rumah konvensional yang bersebelahan dengan rumah tradisional terdapat jendela pada sisi kanan yang mengarah ke bangunan tradisional. Pada bangunan tradisional, akses pintu area ekstensi 3 bangunan mengarah ke sisi belakang sedangkan dua lainnya mengarah ke sisi depan. Pada rumah tradisional di sisi paling kanan terdapat bukaan pada sisi kiri bangunan yang menghadap ke rumah tradisional di sebelahnya. Selain itu, tidak ditemukan adanya bukaan yang saling berhadapan antar bangunan



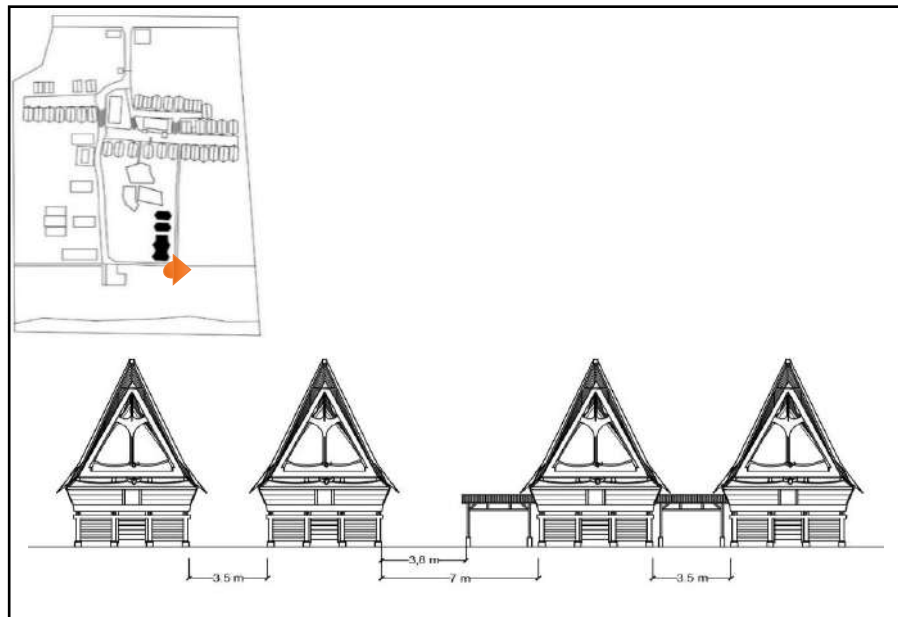
Gambar 4.17 Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Jarak antar bangunan pada blok massa utara baris barat pada sisi depan berkisar antara 1,8-3 m atau apabila dihitung rata-rata adalah 2,48m. Pada sisi belakang jarak memendek akibat adanya bangunan ekstensi. Terdapat 3 unit rumah dengan bangunan ekstensi yang melebar ke sisi samping bangunan utama. 1 unit yang juga bangunan ekstensi yang melebar ke sisi samping, namun ekstensi tidak mengurangi lebar jarak karena ekstensi berada pada sisi luar baris bangunan. 3 unit lainnya memiliki bangunan ekstensi namun ukuran lebarnya sama dengan bangunan utama sehingga tidak mengurangi lebar jarak antar bangunan. Jarak bangunan pada sisi belakang berkisar antara 0,6-3m atau apabila dihitung rata-rata adalah 1,7 (Gambar 4.17).



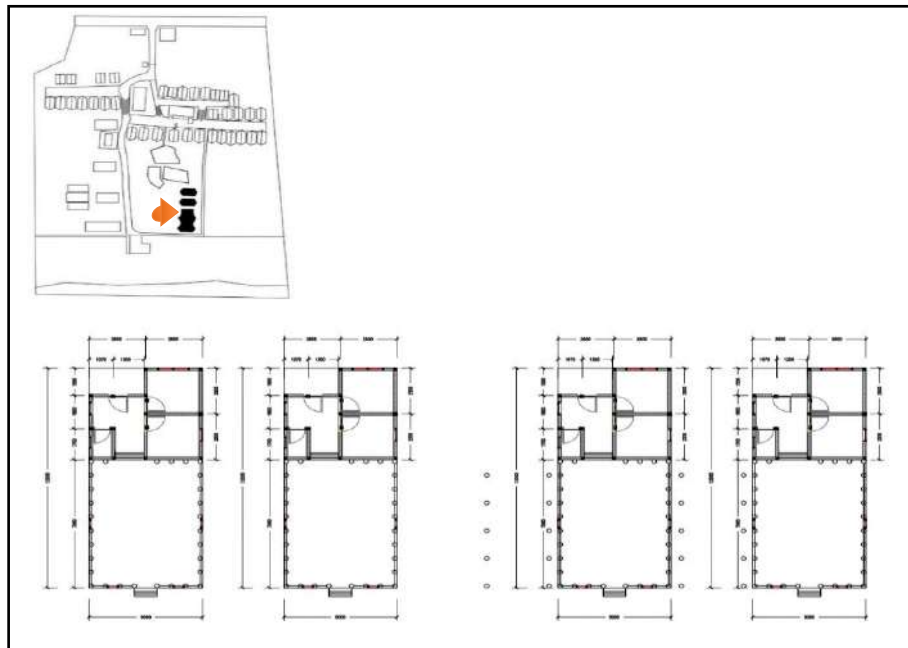
Gambar 4.18 Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Dari denah (Gambar 4.18) dapat diketahui jumlah dan posisi bukaan pada rumah-rumah blok massa bangun sisi utara. Bangunan rumah pada blok ini seluruhnya adalah bangunan rumah tradisional. Pada semua unit sudah dilengkapi dengan area ekstensi. Tidak ditemukan adanya bukaan berupa jendela yang menghadap ke bangunan sebelahnya, kecuali pada bangunan kedua dari kanan. Pada bangunan tersebut terdapat jendela yang cukup besar pada sisi kiri dan kanan. Jendela pada sisi samping lainnya juga ditemukan pada massa bangunan paling kiri, hanya saja jendela pada bangunan ini tidak menghadap ke sisi bangunan disebelahnya melainkan mengarah ke jalan. Pada bagian-bagian ekstensi bangunan, bukaan berupa pintu umumnya menghadap sisi depan ataupun sisi belakang. Hanya ada dua pintu area ekstensi yang menghadap sisi samping bangunan. Namun, tidak ditemukan adanya dua bukaan yang saling berhadapan antar bangunan.



Gambar 4.19 Jarak antar bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Jarak antar bangunan pada blok massa barat pada sisi depan berkisar antara 3,5-7 m atau apabila dihitung rata-rata adalah 3,5m. Pada sisi belakang 3 unit rumah, jarak memendek akibat adanya bangunan ekstensi. Terdapat 2 unit rumah dengan bangunan ekstensi yang melebar ke sisi samping bangunan utama. 2 unit lainnya juga memiliki bangunan ekstensi namun ukuran lebarnya sama dengan bangunan utama sehingga tidak mengurangi lebar jarak antar bangunan. Jarak bangunan pada sisi belakang berkisar antara 0-3,8m atau apabila dihitung rata-rata adalah 2,43 (Gambar 4.19).



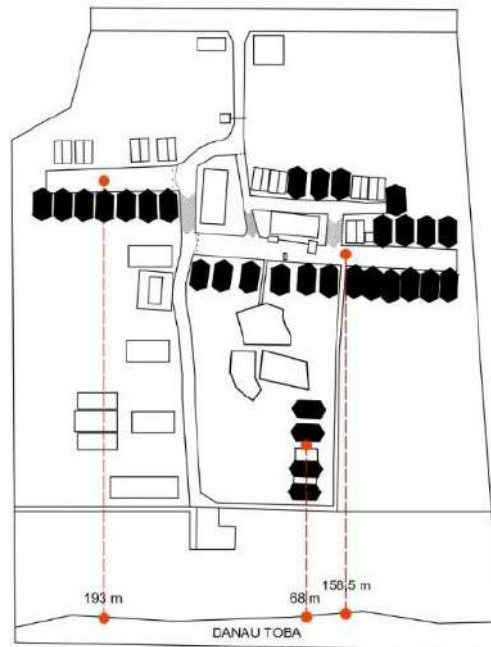
Gambar 4.20 Denah bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Dari denah (Gambar 4.20) dapat diketahui jumlah dan posisi bukaan pada rumah. Bangunan rumah pada blok sisi barat seluruhnya memiliki denah yang sama. Pada tiap unit, terdapat dua pintu sebagai akses masuk-keluar bangunan, satu pada sisi depan dan satu pada sisi belakang. Total 8 jendela, 2 pada sisi depan, 1 pada sisi belakang, 2 pada sisi kanan, dan 3 pada sisi kiri. Dari keseluruhan jendela dan pintu pada masing-masing rumah, terdapat dua buah jendela samping yang berada pada posisi tepat berhadapan dengan dua buah jendela lain pada rumah di sampingnya.

4.1.3 Keberadaan Sumber Daya Air

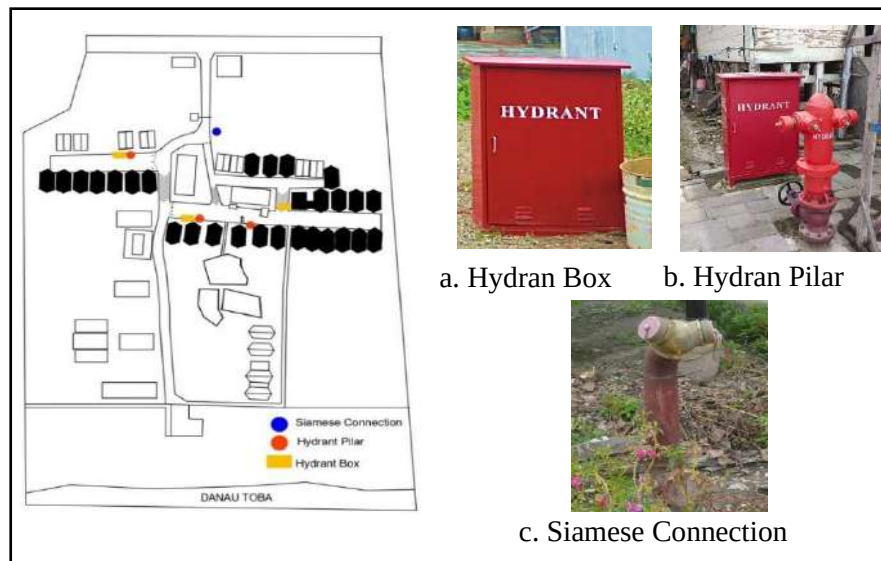
Posisi Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean berbatasan langsung dengan Danau Toba pada sisi barat. Hal tersebut membuat persediaan air dari sumber alamnya melimpah. Volume air danau relatif stabil di sepanjang tahun. Musim

kemarau juga tidak memberi dampak terhadap volume air danau. Jarak dari danau ke permukiman relatif sangat dekat (Gambar 4.21).



Gambar 4.21 Jarak dari permukiman ke sumber air di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Jarak ke blok Huta Pardamean yang merupakan blok terjauh dari danau hanya sekitar 193m jika ditarik garis lurus. Jarak danau ke blok sisi selatan adalah 158,5 m jika ditarik garis lurus, dan jaraknya ke blok sisi barat yang merupakan blok paling dekat dari danau adalah sekitar 68m. Hanya saja sisi tepi dananya berupa rawa yang ditumbuhi tanaman liar dan belum memiliki system pemipaan. Sehingga apabila dibutuhkan untuk memadamkan kebakaran diperlukan pipa/selang yang panjang untuk menjangkau sisi danau yang lebih dalam untuk mendapat air.



Gambar 4.22 Instrumen sumber air pemadam kebakaran di Kampung Ulos Hutaraja-Pardameaan

Di lapangan juga terdapat sumber air buatan, yaitu 3 *hydrant* pilar, 3 *hydrant box*, dan 1 *siamese connection* (Gambar 4.22). Perangkat-perangkat ini baru terpasang sejak tahun 2020. 2 unit *hydrant box* dan 2 unit *hydrant* pilar terletak di area blok massa bangunan sisi selatan, 1 unit *hydrant box* dan 1 unit *hydrant* pilar lainnya terletak di area blok massa sisi utara (Huta Pardamean). 1 unit *siamese connection* berada di tepi jalan akses masuk, di seberang pos jaga. Pada blok massa bangunan sisi barat tidak ditemukan perangkat yang serupa.

4.1.4 Ketersediaan Ruang Terbuka

Pada awalnya, pakem rumah ada Batak Toba, ruang terbuka yang terbentuk diantara dua baris rumah adat yang saling berhadapan haruslah mengarah ke Pusuk Buhit. Namun, seiring berjalannya waktu paham tersebut mulai memudar. Ruang-ruang terbuka tercipta mengikuti kebutuhan dari masyarakatnya. Halaman di

kampung memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung aktivitas dari seluruh warga. Kapasitas ruang terbuka ini sesuai untuk fungsinya yang harus menampung warga kampung, khususnya pada acara-acara adat yang melibatkan seluruh warga (Hutabarat & Tobing, 2019). Sehingga, ruang terbuka yang selalu ada di tengah huta suatu permukiman Batak Toba dapat dipastikan memiliki ukuran yang cukup luas.



Gambar 4.23 Ketersediaan ruang terbuka di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Terdapat tiga ruang terbuka pada kawasan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean. 1 Ruang terbuka berada di area blok massa sisi selatan berukuran 55,5x6m. 1 Ruang terbuka berada di area blok massa sisi utara berukuran 107x8,5m. 1 Ruang terbuka berada di area blok massa sisi barat berukuran 35,54x28m (Gambar 4.23).

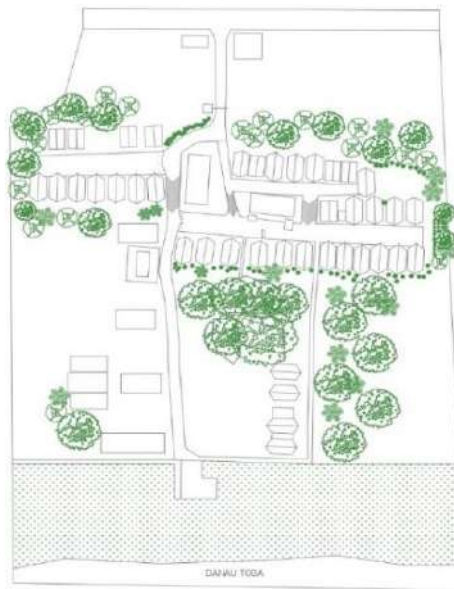


Gambar 4.24 Material ruang terbuka di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Ruang terbuka berada di area blok massa sisi selatan dan utara menggunakan perkerasan *paving block* beton model bata dengan dua ukuran yang berbeda. *Paving block* berukuran kecil dan besar disusun dengan pola sebagaimana dinding bata, berselang-seling antara yang berukuran besar dan kecil. Ruang terbuka berada di area blok massa sisi barat masih berupa tanah tanpa perkerasan (Gambar 4.24).

4.1.5 Keberadaan Benda Mudah Terbakar

Keberadaan benda mudah terbakar pada *site* dibagi dalam dua kategori yaitu benda mudah terbakar yang dapat dipindahkan dan benda mudah terbakar yang tidak dapat dipindahkan.



Gambar 4.25 Keberadaan benda mudah terbakar (tidak dapat berpindah) di
Kampung Ulos Hutaraja Pardamean

Keberadaan benda mudah terbakar yang tidak dapat dipindahkan yang ditemukan ada pada *site* adalah pohon-pohon besar. Pohon keramat, salah satu situs di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, posisinya berada di tengah-tengah antara blok massa sisi selatan dan blok massa sisi barat. Selain itu terdapat juga deretan pepohonan di sisi selatan *site* yang menerus hingga menghubungkan blok massa sisi selatan dan blok massa sisi barat (Gambar 4.25).

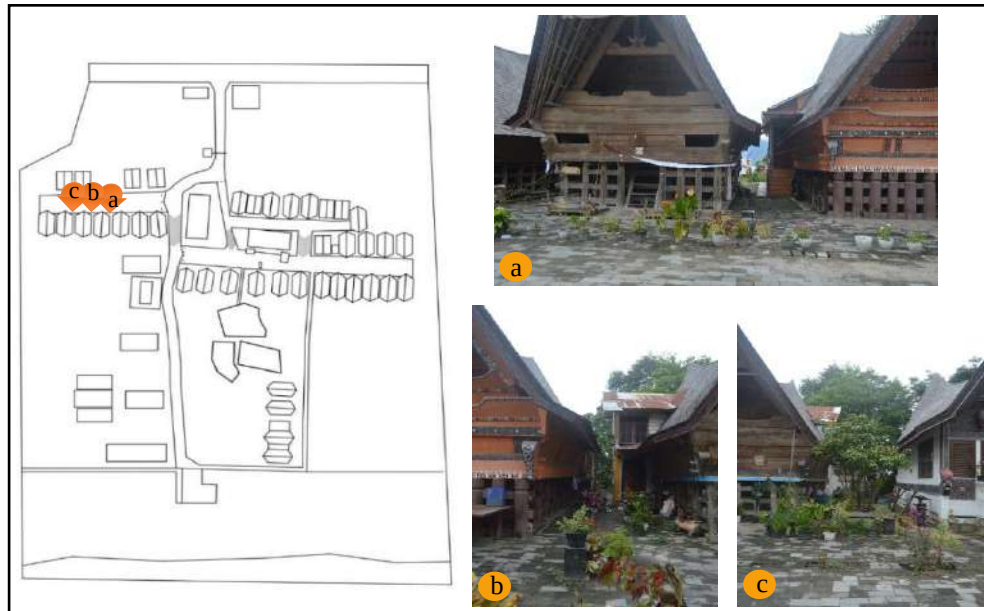


Gambar 4.26 Keberadaan benda mudah terbakar dapat berpindah blok massa selatan

Hal tersebut berpengaruh pada perilaku masyarakat dalam menggunakan ruang. Pergeseran mata pencaharian masyarakat membuat saat ini sudah jarang ditemukan hasil-hasil pertanian yang disimpan oleh warga karena mayoritas masyarakat saat ini bekerja sebagai penenun. Ruang-ruang antar bangunan umumnya digunakan untuk menyimpan kendaraan, alat tenun, jemuran pakaian, tanaman, dan lain (Gambar 4.26).

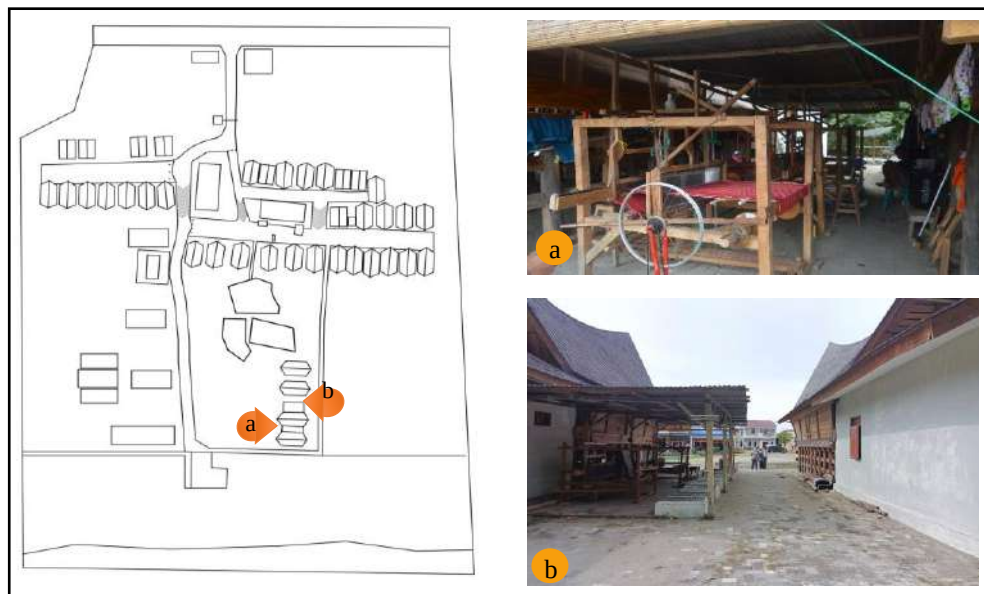
Benda-benda mudah terbakar dapat berpindah yang banyak ditemukan di blok massa selatan, yaitu pajangan hasil tenun dan alat tenun pada hampir seluruh area depan rumah. Jemuran pakaian banyak ditemukan di ruang-ruang antar bangunan, pada beberapa titik, jemuran bahkan terhubung dari satu bangunan ke bangunan lain. Kolong-kolong rumah digunakan sebagai tempat penyimpanan

kendaraan, alat pertukangan, dan juga kayu (Gambar 4.26). Bahan-bahan mudah terbakar berupa kain merupakan yang paling banyak ditemukan pada area ini.



Gambar 4.27 Keberadaan benda mudah terbakar dapat berpindah blok massa utara

Benda-benda mudah terbakar dapat berpindah yang banyak ditemukan di blok massa utara, yaitu alat tenun dan atap tenda pada area depan rumah. Tanaman hias dan kendaraan bermotor, sepeda dan alat-alat pertukangan di ruang-ruang antar bangunan (Gambar 4.27). Akan tetapi benda mudah terbakar dapat berpindah yang paling dominan ditemukan pada area ini adalah tanaman hias. Tanaman-tanaman tersebut pada umumnya berada di bagian depan atau area sekitar rumah warga. Adapun keberadaan tanaman itu memang dapat menambah keindahan bagi permukiman warga sekitar, akan tetapi dibalik kelebihanannya, keberadaannya juga dapat memberikan kerugian. Hal itu disebabkan karena jika terjadi kebakaran, api dapat menyebar melalui tanaman-tanaman tersebut.



Gambar 4.28 Keberadaan benda mudah terbakar dapat berpindah blok massa barat

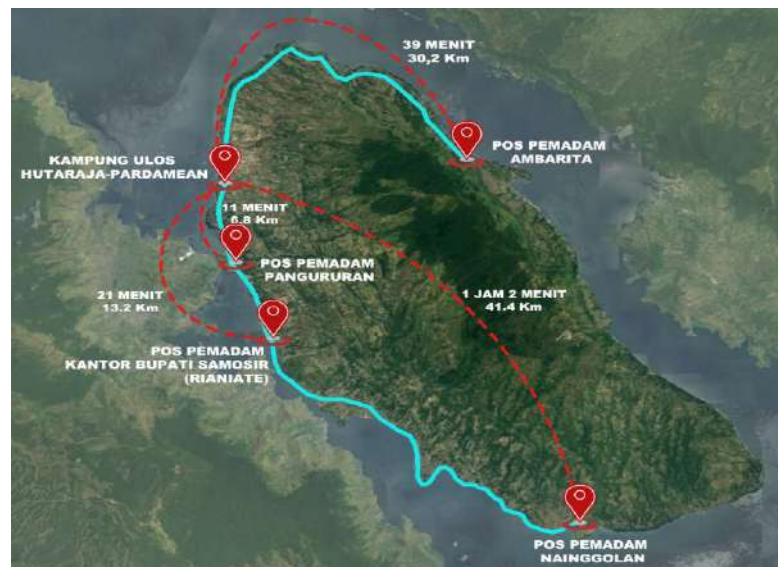
Benda-benda mudah terbakar dapat berpindah yang banyak ditemukan di blok massa barat, yaitu, kain tenun dan alat tenun. Pada blok ini benda mudah terbakar dapat berpindah hanya terdapat pada area samping rumah, area depan terbebas dari keberadaan benda mudah terbakar. Terdapat dua tempat produksi tenun yang dipenuhi dengan alat tenun dan kain tenun, satu diantaranya bahkan terhubung dari satu bangunan ke bangunan lain (Gambar 4.28).

4.2 Aksesibilitas Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Tingkat hambatan di jalan-jalan utama, jarak tempuh yang layak dari kendaraan pemadam kebakaran dan petugas pemadam kebakaran pada waktu tertentu, serta cakupan dan intensitas proteksi kebakaran di setiap kota mengurangi bahaya kebakaran di kota-kota bersejarah dan memeriksa bagaimana integrasi layanan pemadam kebakaran kota dan lokal bekerja (Huang dkk., 2022).

4.2.1 Keberadaan Pemadam Kebakaran Terdekat

Pemadam kebakaran Kabupaten Samosir secara struktural berada dibawah dinas Satpol PP dibawah kepemimpinan Kepala Satpol PP Rubimanto Limbong pada tahun 2022. Personil pemadam kebakaran terdiri dari Pegawai Negeri Sipil dan Tenaga Harian Lepas. Anggota Satpol PP juga dikerahkan apabila diperlukan dalam proses pemadaman.



Gambar 4.29 Keberadaan PMK terdekat di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Kabupaten Samosir memiliki 4 pos pemadam kebakaran. 1 pos berada di Kecamatan Nainggolan yang berjarak 41,4 Km dengan durasi tempuh 1 jam 2 menit dari Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean. 1 pos berada di Kantor Bupati Samosir yang berjarak 13,2 Km dengan durasi tempuh 21 menit dari Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean. 1 pos berada di Kecamatan Pangururan yang berjarak 6,8 Km dengan durasi tempuh 11 menit dari Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean. 1 pos lainnya berada di Kecamatan Ambarita yang berjarak 30,2 Km dengan durasi tempuh 39 menit dari Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean (Gambar 4.29).



Gambar 4.30 Pos pemadam di Ambarita

Jarak dari Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean ke Pos Pemadam kebakaran Ambarita adalah 30,2Km. Waktu tempuh sekitar 39 menit dalam kondisi arus lalu lintas normal. Pos pemadam ambarita berada di sebelah Kantor Camat Ambarita, tidak jauh dari pelabuhan Ambarita. Pos terdiri dari 1 ruang sebagai area parkir dan 1 ruang sebagai pos jaga petugas (Gambar 4.30). Personil pemadam Pos Ambarita terdiri dari 8 orang yang dipimpin oleh seorang danru (Komandan Regu). Jam kerja personil dibagi menjadi 2 shift dengan tiap shift diisi oleh 4 orang personil. Masing-masing shift punya waktu tugas 24 jam.

Namun, apabila terjadi kebakaran dan jika dibutuhkan maka seluruh petugas (8 orang) akan ikut bertugas, namun yang paling bertanggung jawab adalah 4 orang yang sedang aktif shift. Tidak ada kegiatan lain yang diberikan ke personil selama menunggu. Di pos ambarita 2 orang petugas berstatus THL (tenaga harian lepas) sisanya PNS (pegawai negeri sipil). Semua petugas sudah dilengkapi dengan baju pemadam. Unit mobil pemadam di Pos Ambarita adalah Hino e-katalog 2017 kapasitas air 3500L, pompa armada mobil kebakaran ini masih memadai untuk selang sepanjang 300m. Bagian dalam tangki berkarat akibat penggunaan deterjen

untuk menghasilkan foam, karena tidak ada foam khusus pada proses pemadaman kebakaran sebuah toko minyak dan gas. Peralatan lain yang tersedia hanya apar.



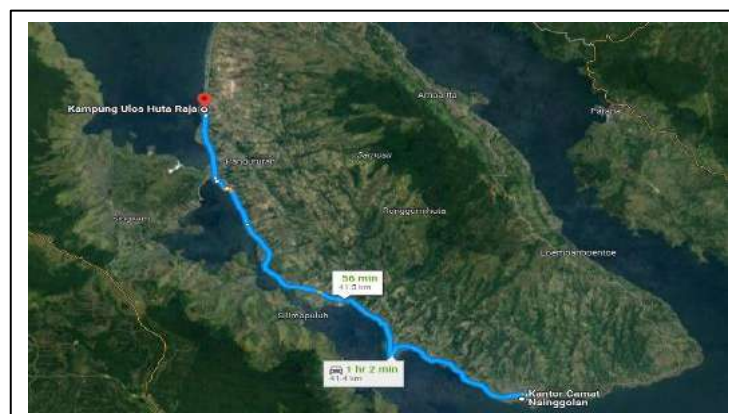
Gambar 4.31 Pos pemadam di Rianniate

Jarak dari Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean ke Pos Pemadam kebakaran Rianniate adalah 13,2Km. Waktu tempuh sekitar 23 menit dalam kondisi arus lalu lintas normal. Posisi Pos Pemadam ini berada dalam kompleks Kantor Bupati Samosir. Tepatnya di sebelah kantor Satpol PP, hanya berbentuk area parkir dengan kanopi (Gambar 4.31). Letaknya tidak jauh dari tepi Danau Toba. Jumlah personil di Pos Kantor Bupati Samosir (Kecamatan Rianniate) terdiri dari 6 orang dengan status sebagai THL (tenaga harian lepas) dan juga PNS (pegawai negeri sipil). Personil ini dipimpin oleh satu orang danru (komandan regu). Jam kerja personil dibagi menjadi 2 shift dengan tiap shift diisi oleh 3 orang personil. Masing-masing shift punya waktu tugas 24 jam. Semua petugas sudah dilengkapi dengan baju pemadam. Unit mobil pemadam yang ada pada pos ini mengalami kerusakan pada bagian pompa. Perbaikan belum dilakukan karena sparepart sulit didapatkan dan harganya tinggi. Peralatan lain yang tersedia hanya apar.



Gambar 4.32 Pos pemadam di Pangururan

Jarak dari Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean ke Pos Pemadam kebakaran Pangururan adalah 6,8Km. Waktu tempuh sekitar 11 menit dalam kondisi arus lalu lintas normal. Posisi Pos Pemadam ini berada di pusat kota Pangururan, memiliki akses masuk yang sempit dan terletak di belakang pertokoan, namun memiliki halaman yang luas. Bangunan pos cukup besar namun tidak terawat (Gambar 4.32). Bangunan ini merupakan aset milik Provinsi, sehingga tidak bisa diperbaiki oleh pihak kabupaten. Jumlah personil di Pos Pangururan terdiri dari 10 orang dan dipimpin oleh satu orang danru (komandan regu). Jam kerja personil dibagi menjadi 2 shift dengan tiap shift diisi oleh 5 orang personil. Masing-masing shift punya waktu tugas 24 jam. Semua petugas sudah dilengkapi dengan baju pemadam.



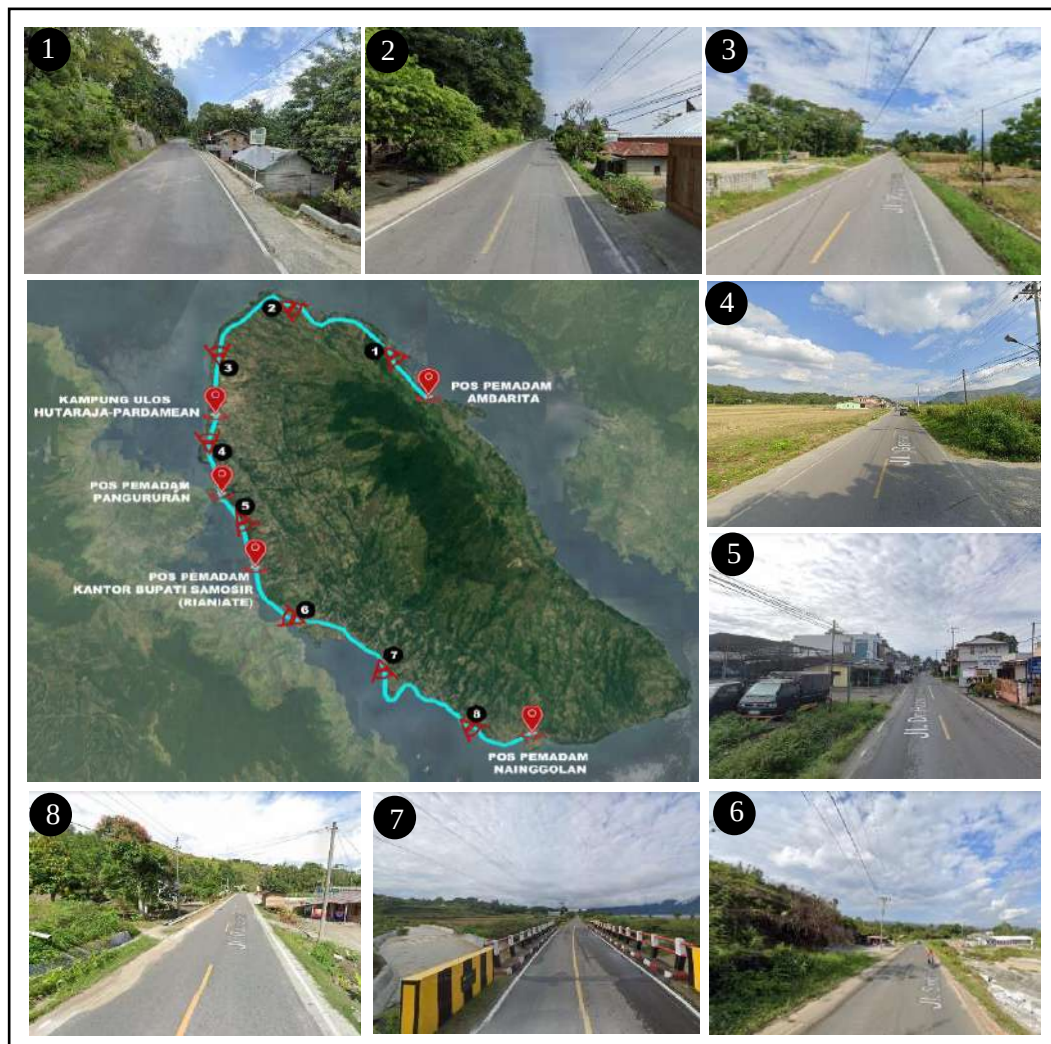
Gambar 4.33 Pos pemadam di Nainggolan

Jarak dari Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean ke Pos Pemadam kebakaran Nainggolan adalah 41,4Km. Waktu tempuh sekitar 1 jam 2 menit dalam kondisi arus lalu lintas normal (Gambar 4.33). Pos Pemadam ini berlokasi di Kantor Camat Nainggolan. Berdasarkan keterangan hasil wawancara dengan Sekretaris satpol PP Kabupaten Samosir dan salah satu petugas pemadam kebakaran armada pemadam sangat terbatas. Armada yang tersedia setara mitsubishi dan hino. Armada dipilih yang berukuran kecil agar dapat menjangkau jalan-jalan yang kecil, akses jalan yang sulit terutama untuk desa-desa yang berada di atas bukit. Namun, armada yang tersedia juga mengalami beberapa kerusakan.

4.2.2 Kondisi Jalan Menuju Site

Struktur jaringan jalan di pemadam kebakaran juga mempengaruhi kemampuan penyelamatannya. Biasanya terdapat banyak jalan yang menghubungkan stasiun pemadam kebakaran dan lokasi kecelakaan. Bagi petugas pemadam kebakaran, bagaimana memilih jalur tercepat untuk mencapai lokasi kecelakaan merupakan masalah yang penting (Yuan dkk., 2018). Selain itu, medan jalan juga berpengaruh, jalan pegunungan yang sempit dapat mempersulit mobil pemadam kebakaran memasuki kawasan-kawasan tersebut (Li dkk., 2021).

Berdasarkan hasil observasi peneliti melihat bahwa kondisi jalan menuju *site* dalam keadaan yang baik dan dapat dilalui oleh kendaraan baik itu roda dua maupun roda empat. Selain itu mobil pemadam juga dapat mengakses jalan tersebut menuju *site* apabila terjadi kebakaran.



Gambar 4.34 Kondisi jalan menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Jalan dari seluruh pos pemadam kebakaran menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean memiliki kontur yang relatif datar. Kondisi jalan juga mulus dan jarang ditemukan jalan berlubang. Lebar jalan mengakomodasi 2 jalur dengan 2 lajur di masing-masing jalur. Lebar jalan berkisar 10m (Gambar 4.34). Tidak ada jalur alternatif, seluruh kecamatan dan desa di Kabupaten Samosir dihubungkan oleh satu jalan raya yang melingkari Pulau Samosir.

4.2.3 Aksesibilitas di Dalam Site

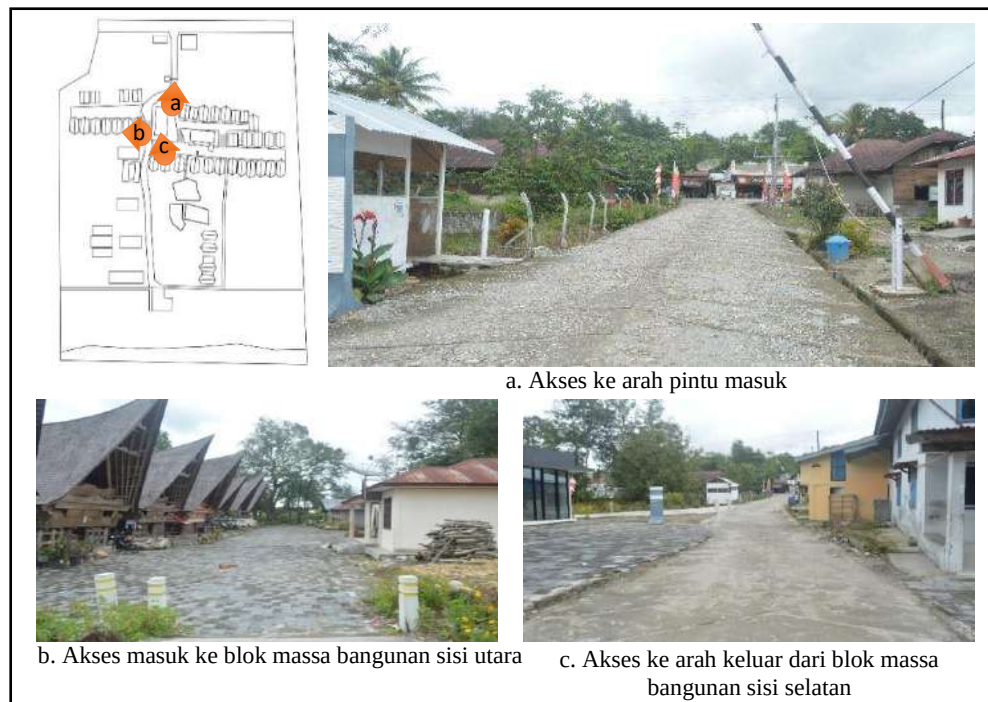
Jalan akses masuk ke Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean memiliki dimensi lebar 7m dengan menggunakan material perkerasan beton. Dimensi jalan cukup luas dan perkerasannya dalam kondisi baik tanpa kerusakan sehingga memungkinkan untuk dilalui mobil pemadam kebakaran. Topografi jalan relatif datar dan tidak ditemukan perbedaan elevasi yang terlalu signifikan.



Gambar 4.35 Alur akses kendaraan di dalam *site*

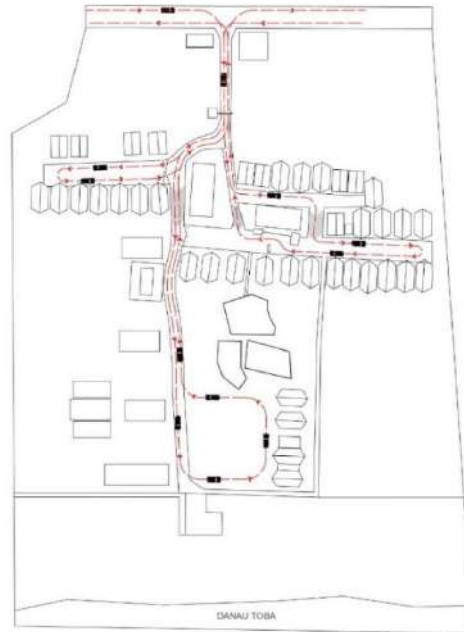
Kendaraan masuk dan keluar *site* melalui akses jalan dan juga pintu yang sama (Gambar 4.35). Lebar jalan dapat mengakomodir dua kendaraan roda empat berpapasan. Terdapat *obstacle* berupa portal dan *bollard* yang membatasi aksesibilitas kendaraan ke beberapa titik. Namun, kendaraan tetap mendapat akses masuk hingga area paling barat permukiman. Pada kondisi normal, kendaraan tidak diperbolehkan masuk ke area massa bangunan blok selatan dan utara. Namun, lebar jalannya tetap memungkinkan untuk dilalui kendaraan pemadam kebakaran apabila

sewaktu-waktu diperlukan.



Gambar 4.36 Akses masuk

Terlihat bahwa terdapat *obstacle* berupa portal dan *bollard* (Gambar 36) . Portal dapat dibuka tutup sehingga fleksibel dan tidak terlalu mengganggu aksesibilitas. Keberadaan bollard mempersempit area akses masuk ke beberapa titik seperti blok massa bangunan sisi selatan dan sisi utara. Namun, beberapa bollard juga tidak terpasang permanen sehingga dapat dibuka-tutup saat diperlukan. *bollard* pada bagian tengah tidak terpasang secara permanen. Sehingga saat diperlukan, *bollard* dapat dilepas dan dipindahkan untuk sewaktu-waktu dipasang kembali (Gambar 4.36 a; Gambar 4.36 b).



Gambar 4.37 Simulasi alur manufer mobil unit pemadam kebakaran

Ruang manufer tersedia pada setiap ruang terbuka masing-masing blok massa bangunan (Gambar 4.37). Unit pemadam kebakaran dapat memasuki seluruh area blok massa bangunan dan juga berputar arah. Seluruh bangunan dapat dijangkau setidaknya dari sisi depan bangunan. Pada blok massa bangunan selatan, manuver berputar arah dapat dilakukan di ruang terbuka area tengah. Pada blok massa bangunan utara, selain dapat berputar arah pada area tengah, unit pemadam juga dapat berputar arah pada lahan kosong yang cukup luas diantara bangunan pada baris timur. Pada blok massa bangunan barat, secara luasan, unit pemadam kebakaran akan sangat leluasa melakukan manuver memutar arah karena terdapat lahan kosong yang luas di area depan bangunan.



Gambar 4.38 Ruang manufer pada *site*

Material permukaan ruang terbuka yang digunakan sebagai ruang manufer kendaraan materialnya pada area blok massa utara dan selatan sudah dominan menggunakan paving block beton model bata. Pada blok massa utara, bagian yang belum menggunakan material perkerasan ada pada lahan terbuka diantara bangunan. Pada blok massa bangunan selatan, yang belum menggunakan material perkerasan ada pada ruang anatara makam dan 1 rumah tinggal. Sedangkan, pada blok massa bangunan sisi barat seluruhnya masih berupa tanah tanpa perkerasan. Dalam kondisi hujan atau tergenang air, ruang manufer ini akan lebih sulit untuk digunakan dibandingkan dua ruang manuver lainnya (Gambar 4.38).

4.3 Struktur Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Struktur bangunan harus bertahan dalam jangka yang lama untuk memungkinkan evakuasi terlaksana dengan maksimal sebelum bangunan kolaps (Chow, 2005). Struktur bangunan dapat dinilai dari stabilitas struktur, integritas struktur atau kemampuan struktur untuk menahan api, dan konduktivitas struktur. Pada rumah adat Batak Toba struktur terdiri dari pondasi, kolom, balok, dan rangka atap (Siahaan, 2019). Beberapa jenis kayu yang umumnya digunakan sebagai material struktur bangunan Rumah Adat di Permukiman Batak Toba objek penelitian, yaitu kolom pondasi menggunakan kayu jior, balok utama (tustus ganjang) menggunakan kayu attuang, rangka lantai menggunakan kayu ingul, dan rangka atap menggunakan kayu rappa (Simanjuntak dkk., 2018).



Gambar 4.39 Sambungan kolom dengan balok pada bangunan rumah tradisional lama (kiri) dan rumah tradisional baru (kanan)

Pondasi berbentuk umpak dan terbuat dari batu kali disebut batu Ojahan, yang tidak ditanam ke tanah dan di atasnya diletakkan kolom, yang terbuat dari gelondongan kayu. Kolom - kolom tersebut dihubungkan satu dengan yang lain dengan balok – balok. Sistem lantai juga menggunakan papan - papan kayu, yang

ditopang oleh balok - balok lantai, balok dan kolom dibagian atas lantai berfungsi sebagai dudukan atap (Siahaan, 2017). Pada Rumah Tradisional Batak Toba yang berada di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, baik kolom, balok dan rangka atap ketiganya merupakan struktur kayu (Gambar 4.39).



Gambar 4.40 Sambungan balok dengan rangka atap pada Bangunan Rumah Tradisional Batak Toba di Desa Hutaraja

Atap berbentuk melengkung parabolik, jika dari samping seperti punggung kerbau. Konstruksinya terdiri dari kayu dan bambu sebagai pembentuk lengkungan punggung kerbau. Atap berbubungan yang diperpanjang kedua ujungnya, sehingga menciptakan sopi - sopi, yang miring ke luar (Siahaan, 2017). Pada rumah adat di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, semua rangka atap menggunakan kayu, baik kayu yang berbentuk balok ataupun silinder (Gambar 4.40). Material kayu yang digunakan dari beberapa jenis kayu tergantung pada kebutuhan fungsinya, seperti kayu jior, kayu attuang, kayu Pinus merkusi, kayu ingul serta kayu rappa sebagai rangka atap. Adapun material lain, seperti batu sebagai alas pondasi, bahan ijuk/seng sebagai penutup atap, dan penggunaan bambu sebagai reng atap.

4.3.1 Integritas Struktur

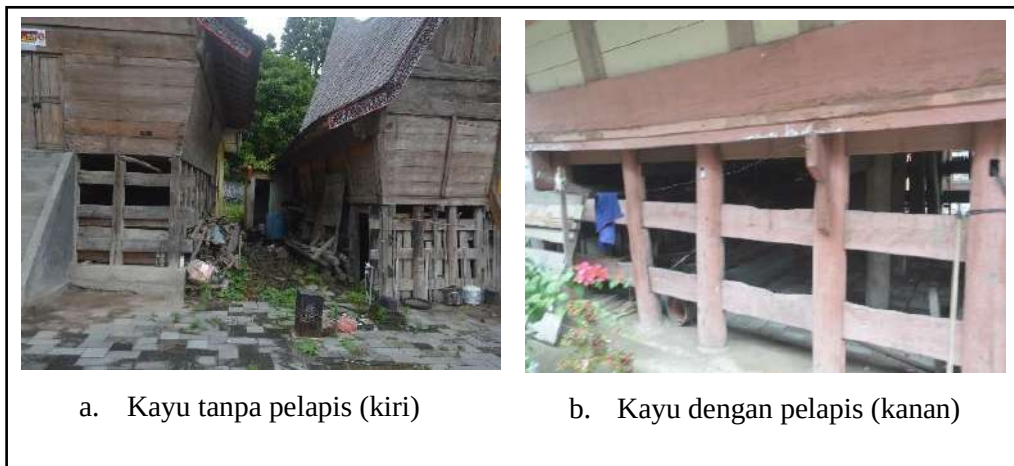
Kolom dan balok terdiri dari kayu-kayu dengan ukuran besar. Dimensi kayu kolom berkisar antara 30 - 50 cm dan balok juga berkisar antara 30 -50 cm dengan ketebalan 10-15 cm. Kondisi kepadatan kayu masih sangat terjaga meskipun sebagian unit sudah berusia lebih dari ratusan tahun. Begitupula empat unit rumah tradisional yang baru dibangun juga menggunakan struktur kayu dengan spesifikasi kayu untuk kolom dan balok yang tetap sesuai dengan standar rumah tradisional terdahulu. Kayu-kayu yang digunakan adalah kayu dari pohon yang berdiameter 1,2m dan Panjang 8,5m. Jenis kayu yang digunakan berasal dari pohon-pohon tertentu yang bertekstur keras seperti pohon nangka.

4.3.2 Stabilitas Struktur

Kolom, Balok dan juga rangka atap menerapkan sambungan tanpa paku. Kolom dan balok disambungkan dengan sistem interlocking, sedangkan atap disambungkan ke balok menggunakan metode sambungan ikat dengan material rotan dan tali ijuk. Stabilitas strukturnya dapat dilihat dari sambungan antar elemen struktur, yaitu antara pondasi ke kolom, kolom ke balok, dan balok ke rangka atap. Sambungan kayu ke balok dibuat tanpa paku, kolom dicoak seukuran balok lalu balok dimasukkan kedalam lubang pada kolom tersebut. Sistem ini tidak rigid, namun bobot bangunan yang berat dengan kayu-kayu solid membuat bangunan stabil. Sambungan balok ke rangka atap juga tidak menggunakan paku, balok dan rangka atap disusun sehingga saling mengunci lalu diperkuat lagi dengan ikatan ijuk pada simpul-simpulnya.

4.3.3 Konduktivitas Struktur

Konduktivitas struktur adalah sifat mengantar panas elemen-elemen struktur. Konduktivitas dapat pula dikatakan sebagai kondisi ketika struktur terbakar, maka bagian struktur tersebut akan mengalami perpindahan panas (konduktivitas), dimana api akan terus menyebar dan terus terbakar sehingga menambah beban api tambahan yang sangat besar dan beresiko terhadap hilangnya kapasitas strukturalnya. Elemen struktur pada rumah tradisional Batak Toba terdiri dari kolom, balok, dan rangka atap.



Gambar 4.41 Kondisi kayu di rumah-rumah tradisional Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Kondisi kayu di rumah-rumah tradisional Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean banyak yang tidak dilapisi dengan cat ataupun lapisan pelitur (Gambar 4.41). Hal ini menyebabkan kayu pada beberapa rumah sangat terpengaruh pada kondisi cuaca, permukaan kayu lembab saat cuaca hujan dan akan kering ketika cuaca panas.

4.4 Material Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Material dengan tingkat penyebaran api yang tinggi, akan menyumbangkan bahan bakar pada kebakaran atau menghasilkan asap dan gas beracun yang berbahaya (Huang dkk., 2009) . Pada Rumah Tradisional Batak Toba, dinding dan lantai dari papan kayu, sedangkan atap dari bahan ijuk, dan belakangan ini dari seng. Ikatan struktur bangunan bukan dari paku, melainkan dari tali ijuk (U. Siahaan, 2019). Material kayu yang digunakan dari beberapa jenis kayu tergantung pada kebutuhan fungsinya, seperti kayu jior, kayu attuang, kayu Pinus merkusii, kayu ingul serta kayu rappa sebagai rangka atap. Adapun material lain, seperti batu sebagai alas pondasi, bahan ijuk/seng sebagai penutup atap, dan penggunaan bambu sebagai reng atap. Adanya revitalisasi pada tahun 2021 oleh PUPR, beberapa bagian diperbarui seperti material atap (diganti dgn kayu baru) dan penutup atap di ganti dari seng menjadi sirap (Simanjutak dkk., 2018).



Gambar 4.42 Material lantai dan dinding rumah tradisional Batak Toba Desa Hutaraja

Material bangunan Rumah Tradisional Batak toba yang berada di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean secara keseluruhannya berupa material kayu. Secara

umum kondisi kayu lantai dan dinding rumah-rumah masih dalam kondisi kokoh dan solid (tidak rapuh). Hal ini dikarenakan kayu pada rumah adat batak toba bukan kayu sembarangan melainkan harus dengan jenis dan ukuran khusus yang telah ditentukan (Gambar 4.42). Begitu pula dengan jendela, tangga, dan pintu. Meskipun terkadang memiliki bentukan yang sedikit berbeda tiap-tiap rumah. Namun tetap saja semuanya menggunakan material kayu.



Gambar 4.43 Material atap pada bangunan rumah tradisional

Sama halnya dengan lantai dan dinding yang terbuat dari papan saat ini, atapnya yang semula menggunakan ijuk, sekarang sudah menggunakan kayu. Seluruhnya baik bangunan lama maupun bangunan baru yang sudah menggunakan sirap kayu. Material atap berupa sirap. Ini adalah hasil pemugaran yang dilakukan oleh pemerintah melalui Dinas PUPR pada tahun 2020. Sehingga saat ini, baik rumah tradisional lama maupun yang baru dibangun di Hutaraja, semua menggunakan atap sirap (Gambar 4.43).

4.4.1 Flamabilitas Material

Flamabilitas adalah waktu penyalaan api. Waktu penyalaan api dapat dipengaruhi oleh faktor kadar air (Shi, 2023). Kondisi kayu dinding dan lantai di rumah-rumah tradisional Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean banyak yang tidak dilapisi dengan cat ataupun lapisan pelitur. Hal ini menyebabkan kayu pada dinding beberapa rumah sangat terpengaruh pada kondisi cuaca, permukaan kayu lembab saat cuaca hujan dan akan kering ketika cuaca panas. Kayu pada lantai memiliki kadar air yang relatif stabil karena posisinya yang terlindungi dari paparan hujan, juga berjarak cukup jauh dari permukaan tanah yang dapat menyebabkan lembab. Sedangkan untuk material atap yang berupa sirap sudah dilapisi oleh cat sehingga lebih kedap terhadap air.

4.4.2 Perambatan Material

Perambatan adalah laju pembakaran material kayu. Pada penelitian terdahulu, (Tsapko dkk., 2016) dan (Xu dkk., 2016) perambatan sangat berkaitan erat dengan kepadatan kayu dan dimensi material, untuk menghindari perambatan tersebut, biasanya pada material akan diberi bahan pelapis. Adapun perambatan tersebut biasanya terjadi pada elemen-elemen arsitektural sebuah bangunan seperti dinding, lantai, dan penutup atap.



Gambar 4.44 Dimensi material dinding kayu pada bangunan rumah tradisional

Perbedaan tampak pada dimensi papan kayu yang digunakan pada rumah tradisional lama dan rumah tradisional baru. Rumah tradisional lama menggunakan material dengan dimensi yang lebih besar. Dimensi papan kayu pada dinding dan lantai rumah tradisional baru berdimensi lebar 20cm dengan ketebalan sekitar 4-5cm. Dimensi papan kayu pada dinding dan lantai rumah tradisional lama sangat bervariasi, tergantung dimensi pohon yang digunakan material kayunya (Gambar 4.44). Sedangkan untuk atap, rumah tradisional lama dan baru menggunakan material kayu yang sama. Kepadatan kayu pada rumah tradisional lama dan baru relatif sama, karena rumah tradisional baru menggunakan jenis kayu dengan sifat yang sama dengan rumah tradisional lama.

4.4.3 Resistensi Material

Kondisi kayu lantai dan dinding di rumah-rumah tradisional Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean banyak yang tidak dilapisi dengan cat ataupun lapisan pelitur. Tidak didapatkan informasi apakah material pada bangunan rumah adat baru dan atap-atap sirap seluruh rumah adat mendapatkan perlakuan anti api. Terutama untuk

bangunan yang berusia puluhan hingga ratusan tahun, kemungkinan perlakuan tahan api hingga bagian poros dalam kayu tidak memungkinkan. Lapisan tahan api hanya dapat diberikan pada area permukaan.

4.4.4 Konduktivitas Material

Kondisi kayu lantai dan dinding di rumah-rumah tradisional Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean banyak yang tidak dilapisi dengan cat ataupun lapisan pelitur. Hal ini menyebabkan kayu pada dinding beberapa rumah sangat terpengaruh pada kondisi cuaca, permukaan kayu lembab saat cuaca hujan dan akan kering ketika cuaca panas. Kayu pada lantai memiliki kadar air yang relatif stabil karena posisinya yang terlindungi dari paparan hujan, juga berjarak cukup jauh dari permukaan tanah yang dapat menyebabkan lembab. Sedangkan untuk material atap yang berupa sirap sudah dilapisi oleh cat sehingga lebih kedap terhadap air.

4.5 Tata Ruang Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Perencanaan tata ruang interior bangunan (mencakup pertimbangan fungsi ruangan), adalah salah satu aspek sistem proteksi pasif yang sangat menentukan persyaratan keselamatan kebakaran (Anderberg, 2011; Suprpto, 2007) Instalasi listrik dan susunan ruang menjadi bagian dari interior yang berpengaruh pada muncul dan berkembangnya api.

4.5.1 Instalasi Listrik



Gambar 4.45 Instalasi listrik luar bangunan Rumah Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja

Instalasi listrik luar ruangan pada Kampung Hutaraja sudah menggunakan sistem tanam sehingga distribusi jaringan listrik pada ruang luarnya sudah tertata rapi. Sehingga dapat dikonfirmasi juga aliran listrik menuju seluruh rumah sudah ditangan oleh pihak teknisi PLN secara langsung. Tidak terlihat adanya kabel-kabel listrik pada area luar bangunan. Kabel menuju meteran melalui bawah tanah, meteran dipasang pada dinding luar sisi samping bangunan rumah adat (Gambar 4.45).

Kapasitas listrik masing-masing rumah bervariasi berkisar antara 900Va hingga 1300 Va. Barang-barang elektronik seperti Kulkas, rice cooker, loud speaker, blender, kipas angin, dan televisi sudah mulai ditemukan digunakan di rumah-rumah tradisional, namun tidak selalu ada di setiap rumah. Alat elektronik yang paling umum ditemukan hampir di setiap rumah hanyalah lampu dan *ricecooker*.



Gambar 4.46 Instalasi listrik dalam bangunan rumah tradisional Batak Toba Desa Hutaraja

Namun, beda halnya dengan distribusi listrik dalam bangunan Rumah tradisionalnya. Kabel-kabel listrik tidak tertata dengan baik, banyak ditemukan kabel-kabel tanpa dilapisi pipa, kondisi kabel menggantung. Dibandingkan dengan stop kontak, rumah-rumah tradisional lebih banyak yang menggunakan terminal kuningan. Letak kabel dan terminal kuninganpun sering kali berdekatan dengan benda-benda mudah terbakar seperti tumpukan pakaian, dan lain-lain (Gambar 4.46).

4.5.2 Susunan Ruang

Rumah Tradisional Batak Toba pada bentuk aslinya hanya memiliki satu ruang tanpa sekat sehingga dapur berada dekat dengan benda-benda mudah terbakar seperti pakaian, perabotan rumah tangga, dll. Padahal di lingkungan rumah tangga,

kejadian kebakaran banyak disebabkan oleh kegiatan masak memasak di dapur (Lisianti dkk., 2018). Menggabungkan dapur dengan ruang lainnya berarti mendekatkannya dengan benda mudah terbakar. Hal ini membuat resiko api membesar lebih cepat apabila terjadi kebakaran.

Namun, pada Rumah Tradisional Kampung Hutaraja, hal tersebut sudah tidak lagi ditemukan. Rumah-rumah sudah memiliki ekstensi ruang dibagian belakang yang berfungsi sebagai dapur dan kamar mandi. Walaupun di beberapa rumah masih ditemukan tungku tempat memasak, namun tungku tersebut sudah tidak aktif digunakan karena umumnya masyarakat sudah menggunakan kompor berbahan bakar gas LPG. Akan tetapi Musibah kebakaran rumah yang bermula dari adanya kebocoran gas LPG di ruang dapur masih sering di terjadi di sekitar kita (Juwariyah dkk., 2018). Maka, memisahkan ruang dapur dengan ruang lainnya masih tetap menjadi hal yang penting untuk diperhatikan.



Gambar 4.47 Tampak depan dan belakang rumah tradisional yang baru dibangun tahun 2022 di Kampung Ulos Hutaraja oleh PUPR

Rumah tradisional ini adalah pengganti rumah tradisional lama yang awalnya berada di area massa blok selatan. Bangunan lama dirubuhkan karena akan dibangun pusat informasi. Kemudian dibangun baru sebagai gantinya pada area barat yang lebih dekat ke tepi Danau Toba. Bangunan ekstensinya sudah berbentuk seperti rumah konvensional tanpa panggung. Terdapat teras, dapur, dua kamar dan dua kamar mandi. Bangunan ini berfungsi sebagai homestay. Apabila area rumah adat sedang digunakan oleh tamu. Maka, pemilik rumah akan tinggal di area rumah ekstensi untuk sementara waktu (Gambar 4.47).



Gambar 4.48 Ruang dalam Rumah Tradisional Batak Toba

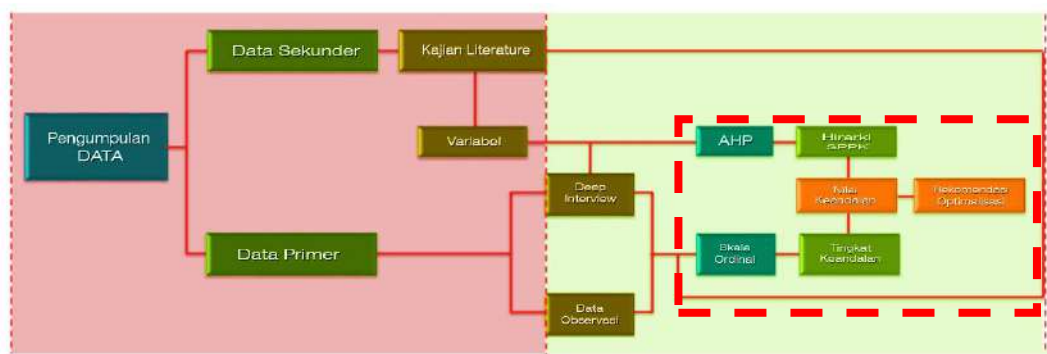
Tidak banyak ditemukan *furnitur* pada rumah-rumah tradisional di Kampung Hutaraja. *Furnitur* yang paling umum ditemukan hanyalah lemari, rak piring dan meja dapur. Hanya beberapa rumah yang memiliki tempat tidur. Kepadatan ruang pada rumah-rumah tersebut kebanyakan disebabkan oleh penyimpanan barang seperti pakaian dan perkakas yang tidak tertata dengan baik (Gambar 4.48).

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Keandalan Sistem Proteksi Pasif pada Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean Eksisting

Pada tahap ini akan dilakukan analisa data hasil observasi dan wawancara, untuk mendapatkan nilai keandalan dan rekomendasi optimalisasi. Proses analisa dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama mencari nilai hierarki variabel, indikator, dan parameter kemudian dilanjutkan dengan melakukan penilaian terhadap kondisi eksisting (Gambar 5.1).



Gambar 5.1 Tahapan analisa

Perbandingan nilai hierarki dibutuhkan karena masing-masing unsur penyusun sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba memiliki persentase andil yang berbeda. Salah satu unsur dapat sangat berpengaruh secara signifikan sedangkan unsur lainnya hanya memberikan pengaruh yang kecil. Sehingga, dengan adanya nilai hierarki penilaian yang dilakukan dapat menjadi lebih akurat. Selain itu, hierarki juga bermanfaat untuk menyusun prioritas dan urutan optimalisasi yang akan dilakukan. Nilai hierarki

dicari dengan menggunakan *Analitycal Hierarchy Process* (AHP). Diwaktu yang sama dapat dilakukan analisa tingkat keandalan sistem proteksi pasif kebakaran pada tiap-tiap parameter. Hasil dari nilai hierarki dan tingkat keandalan diterjemahkan menjadi nilai keandalan proteksi pasif Permukiman Tradisional Batak Toba dalam kondisi eksisting yang menjadi acuan dalam membuat rekomendasi optimalisasi.

5.1.1 Nilai Hierarki Variabel, Indikator, dan Parameter

Perbandingan nilai hierarki dibutuhkan karena masing-masing unsur penyusun sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba memiliki persentase andil yang berbeda. Salah satu unsur dapat sangat berpengaruh secara signifikan sedangkan unsur lainnya hanya memberikan pengaruh yang kecil. Sehingga, dengan adanya nilai hierraki penilaian yang dilakukan dapat menjadi lebih akurat. Selain itu, hierarki juga bermanfaat untuk menyusun prioritas dan urutan optimalisasi yang akan dilakukan. Nilai hierarki dicari dengan menggunakan *Analitycal Hierarchy Process* (AHP).

5.1.1.1 Nilai Hierarki Variabel

Pada kasus optimalisasi sistem proteksi pasif kebakaran pada permukiman Tradisional Batak Desa Hutaraja, Metode AHP digunakan untuk mengetahui nilai hierarki yang menggambarkan persentase dampak dari sebuah variabel, indikator dan parameter terhadap sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba . Angka yang dihasil dari metode ini kemudia disusun dalam bentuk prankingan mulai dari yang paling berdampak hingga paling tidak

berdampak. Berikut penilaian yang dilakukan oleh ahli adalah berdasarkan kondisi eksisting sistem proteksi pasif kebakaran yang ada di Desa Hutaraja.

Tabel 5.1 Perbandingan nilai intensitas kepentingan antar variabel sistem proteksi pasif kebakaran Permukiman Tradisional Batak Toba

Intensitas Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Desain Site																			Aksesibilitas
Desain Site																			Struktur
Desain Site																			Material
Desain Site																			Tata Ruang
Aksesibilitas																			Struktur
Aksesibilitas																			Material
Aksesibilitas																			Tata Ruang
Struktur																			Material
Struktur																			Tata Ruang
Material																			Tata Ruang

Berdasarkan Tabel 5.1 perbandingan nilai intensitas antar tiap-tiap variabel. Penilaian ini dilakukan oleh ahli dan berdasarkan observasi lapangan. Data yang didapatkan dari penilaian ini kemudian dimasukkan ke dalam tabel matriks perbandingan kriteria. Posisi sel berwarna kuning menunjukkan variabel yang memiliki nilai intensitas kepentingan yang lebih tinggi, semakin tinggi angka maka intensitas kepentingannya juga semakin tinggi dibandingkan variabel yang berada sejajar di tabel perbandingan nilai intensitas tersebut.

Tabel 5.2 Matriks perbandingan kriteria

Kriteria	Desain Site	Aksesibilitas	Struktur	Material	Tata Ruang	Nilai Eigen					Jumlah	Rata-Rata
Desain Site	1,000	3,000	5,000	0,250	0,250	0,105	0,245	0,217	0,119	0,068	0,755	0,1510
Aksesibilitas	0,333	1,000	4,000	0,200	0,250	0,035	0,082	0,174	0,096	0,068	0,454	0,0909
Struktur	0,200	0,250	1,000	0,143	0,167	0,021	0,020	0,043	0,068	0,045	0,199	0,0397
Material	4,000	4,000	7,000	1,000	2,000	0,420	0,327	0,304	0,478	0,545	2,074	0,4147
Tata Ruang	4,000	4,000	6,000	0,500	1,000	0,420	0,327	0,261	0,239	0,273	1,519	0,3037
Jumlah	9,533	12,250	23,000	2,093	3,667							1,000

Baris jumlah pada Tabel 5.2 adalah hasil penjumlahan kolom kriteria diatasnya. Kolom nilai eigen adalah hasil pembagian nilai perbandingan kriteria

dengan jumlah nilai kriteria. Kolom jumlah adalah total dari nilai eigen yang sebaris dengannya, sedangkan kolom rata-rata adalah hasil pembagian nilai di sel kolom jumlah dengan jumlah item nilai eigen yang sebaris dengannya. Nilai rata-rata ini juga yang menjadi nilai hierarki prioritas dari item-item di kolom kriteria. Berdasarkan Tabel 5.2, maka didapatkan hirarki prioritas antar variabel sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba . Desain *site* memiliki nilai hierarki 0,1510, Aksesibilitas memiliki nilai hierarki 0,0909, Struktur memiliki nilai hierarki 0,0397, Material memiliki nilai hierarki 0,4147, dan Tata ruang memiliki nilai hierarki 0,3037.

Tabel 5.3 Pengujian konsistensi hierarki

Lamda Max	=	$(9,533 \times 0,1510) + (12,25 \times 0,0909) + (23 \times 0,0397) + (2,093 \times 0,4147) + (3,677 \times 0,3037)$	=	5,4472
CI	=	$(5,4472 - 5) / (5 - 1)$	=	0,1118
CR	=	$(0,1118 / 1,12)$	=	0,0998

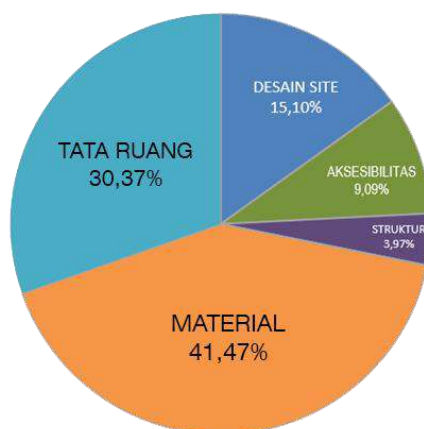
Tabel 5.3 berfungsi untuk menguji validitas dan realibilitas data. Sebagaimana pada Sub-bab 3.8.1 mengenai tahapan metode analisa dengan AHP, hasil dinyatakan konsisten dan valid apabila CR atau konsistensi rasio didapatkan hasil $\leq 0,1$. Langkah untuk mendapatkan CR pertama dengan mencari nilai Lamda Max. Lamda Max adalah hasil dari perkalian jumlah nilai variabel dikali dengan nilai rata-rata variabel. Selanjutnya mencari nilai Consistency index (CI) rumus $CI = (Lamda\ maks - n) / (n - 1)$, dimana n adalah banyaknya elemen. Nilai CI digunakan untuk melakukan perhitungan konsistensi ratio dengan rumus $CR = CI / IR$. Nilai IR (Index Random Consistency) ditentukan dengan jumlah kriteria adalah 1,12 (Tabel 3.10). Dari Tabel 5.3 didapatkan hasil CR senilai 0,0998. Maka hasil hierarki yang

didapatkan pada Tabel 5.3 dapat dinyatakan valid.

Tabel 5.4 Persentase hierarki variabel

Variabel	Hierarki
Material	41,47 %
Tata Ruang	30,37 %
Desain <i>Site</i>	15,10 %
Aksesibilitas	9,09 %
Struktur	3,97 %

Tabel 5.4 merupakan simpulan dari perbandingan persentase nilai hirarki antar variabel sistem proteksi pasif berdasarkan metode AHP. Hasil yang didapatkan adalah bahwa variabel material memiliki hierarki tertinggi dengan persentase 41,47%, kemudian secara berurutan ke paling rendah adalah tata ruang dengan persentase 30,37% Desain *site* dengan persentase 15,10%, aksesibilitas dengan persentase 9,09% dan terakhir struktur dengan persentase 3,97%.



Gambar 5.2 Persentase hierarki variabel

Pie chart secara visual menggambarkan variabel material yang sangat dominan mempengaruhi sistem proteksi pasif kebakaran pada permukiman tradisional. Porsi yang cukup besar juga terlihat dimiliki oleh tata ruang. Desain *site* dan aksesibilitas memiliki bagian yang kecil namun jika digabungkan nilainya setara dengan satu per

empat bagian. Sedangkan struktur terlihat memiliki bagian yang sangat kecil, yang menggambarkan bahwa variabel ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap sistem proteksi pasif kebakaran pada permukiman tradisional secara keseluruhan (Gambar 5.2).

5.1.1.2 Nilai Hierarki antar Indikator pada Keseluruhan Variabel

Penentuan nilai hierarki tidak berhenti pada tingkat variabel, tapi juga hingga tingkat parameter dan indikator (Lampiran V). Nilai-nilai tersebut kemudian digunakan untuk mengurutkan hierarki mulai dari variabel prioritas dengan nilai tertinggi hingga nilai terendah, hierarki indikator per variabel, serta hierarki parameter per indikator sebagaimana berikut.

Tabel 5.5 Hierarki prioritas variabel dan indikator sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja

Variabel	Hierarki Variabel	Indikator	Nilai rata-rata indikator x hierarki variabel					Hierarki Indikator
DESAIN SITE	15,10%	Jarak bangunan	=	0,5144	x	15,10%	=	7,77%
		Sumber air	=	0,2211	x	15,10%	=	3,34%
		Ruang terbuka	=	0,1319	x	15,10%	=	1,99%
		Penataan blok massa	=	0,0672	x	15,10%	=	1,02%
		Keberadaan benda mudah terbakar	=	0,0654	x	15,10%	=	0,99%
AKSESIBILITAS	9,09%	PMK Terdekat	=	0,5889	x	9,09%	=	5,35%
		Kondisi Jalan	=	0,2519	x	9,09%	=	2,29%
		Akses di dalam site	=	0,1593	x	9,09%	=	1,45%
STRUKTUR	3,97%	Integritas Struktur	=	0,6080	x	3,97%	=	2,41%
		Stabilitas Struktur	=	0,2721	x	3,97%	=	1,08%
		Konduktifitas Struktur	=	0,1199	x	3,97%	=	0,48%
MATERIAL	41,47%	Flamabilitas material	=	0,5203	x	41,47%	=	21,58%
		Perambatan material	=	0,2410	x	41,47%	=	9,99%
		Resistensi material	=	0,1363	x	41,47%	=	5,65%
		Konduktifitas material	=	0,1024	x	41,47%	=	4,25%
TATA RUANG	30,37%	Instalasi Listrik	=	0,8000	x	30,37%	=	24,30%
		Susunan Ruang	=	0,2000	x	30,37%	=	6,07%

Dapat dilihat pada Tabel 5.5 Hirarki variabel tertinggi pada peringkat pertama dimulai dari material dengan hirarki indikator secara berurut mulai tinggi ke rendah adalah flamabilitas material, perambatan material, resistensi material, dan konduktivitas material. Adapun pada peringkat kedua adalah variabel tata ruang

dengan hirarki indikator secara berurut mulai tinggi ke rendah adalah instalasi listrik dan susunan ruang. Selanjutnya peringkat ketiga adalah variabel desain *site* dengan hirarki indikator secara berurut mulai tinggi ke rendah adalah jarak bangunan, sumber air, ruang terbuka, penataan blok massa, dan keberadaan benda mudah terbakar. Peringkat keempat adalah variabel aksesibilitas dengan hirarki indikator secara berurut mulai tinggi ke rendah adalah pemadam kebakaran terdekat, kondisi jalan, dan akses di dalam *site*. Peringkat kelima adalah variabel struktur dengan hirarki indikator secara berurut mulai tinggi ke rendah adalah integritas struktur, stabilitas struktur, dan konduktivitas struktur. Setelah didapatkan hierarki indikator maka berikutnya dilakukan langkah untuk mendapatkan hierarki parameter. Tahapan dilakukan dengan mengalikan nilai rata-rata parameter dengan hierarki indikator (Tabel 5.6).

Tabel 5.6 Hierarki prioritas indikator dan parameter sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja

Hierarki Variabel	Indikator	Hierarki Indikator	Parameter	Nilai rata-rata parameter x hierarki indikator					Hierarki Parameter	
DESAIN SITE 15,10%	Jarak bangunan	7,77%	Lebar Jarak	=	0,75	x	7,77%	=	5,83%	
			Bukaan Saling Berhadapan	=	0,25	x	7,77%	=	1,94%	
	Sumber air	3,34%	Jarak	=	0,8	x	3,34%	=	2,67%	
			Kapasitas	=	0,2	x	3,34%	=	0,67%	
	Ruang Terbuka	1,99%	Luasan	=	0,75	x	1,99%	=	1,49%	
			Kondisi Permukaan	=	0,25	x	1,99%	=	0,50%	
	Penataan Blok Massa	1,02%	Susunan Masa dalam Site	=	0,875	x	1,02%	=	0,888%	
		Posisi Masa Terhadap Jalan	=	0,125	x	1,02%	=	0,127%		
	Keberadaan Benda Mudah Terbakar	0,99%	Benda Tidak Dapat Berpindah	=	0,875	x	0,99%	=	0,86%	
			Benda Dapat Berpindah	=	0,125	x	0,99%	=	0,12%	
AKSESIBILITAS 9,09%	PMK Terdekat	5,35%	Waktu Tempuh	=	0,833	x	5,35%	=	4,46%	
			Jumlah Armada	=	0,167	x	5,35%	=	0,89%	
	Kondisi Jalan	2,29%	Kondisi Permukaan Jalan	=	0,633	x	2,29%	=	1,45%	
			Topografi	=	0,26	x	2,29%	=	0,60%	
	Akses di dalam site	1,45%	Dimensi Jalan	=	0,106	x	2,29%	=	0,24%	
			Keberadaan Obstacle	=	0,833	x	1,45%	=	1,21%	
			Manufer unit PMK di dalam Site	=	0,167	x	1,45%	=	0,24%	
STRUKTUR 3,97%	Integritas Struktur	2,41%	Rangka Atap	=	0,6	x	2,41%	=	1,45%	
			Balok	=	0,2	x	2,41%	=	0,48%	
	Stabilitas Struktur	1,08%	Kolom	=	0,2	x	2,41%	=	0,48%	
			Rangka Atap	=	0,6	x	1,08%	=	0,65%	
				Balok	=	0,2	x	1,08%	=	0,22%
				Kolom	=	0,2	x	1,08%	=	0,22%
	Konduktivitas Struktur	0,48%	Rangka Atap	=	0,6	x	0,48%	=	0,29%	
Balok			=	0,2	x	0,48%	=	0,10%		
MATERIAL 41,47%	Flamabilitas Material	21,58%	Kolom	=	0,2	x	0,48%	=	0,10%	
			Atap	=	0,6	x	21,58%	=	12,95%	
			Lantai	=	0,2	x	21,58%	=	4,32%	
	Perambatan Material	9,99%	Dinding	=	0,2	x	21,58%	=	4,32%	
			Atap	=	0,6	x	9,99%	=	6,00%	
			Lantai	=	0,2	x	9,99%	=	2,00%	
	Resistensi Material	5,65%	Dinding	=	0,2	x	9,99%	=	2,00%	
			Atap	=	0,6	x	5,65%	=	3,39%	
			Lantai	=	0,2	x	5,65%	=	1,13%	
	Konduktivitas Material	4,25%	Dinding	=	0,2	x	5,65%	=	1,13%	
			Atap	=	0,6	x	4,25%	=	2,55%	
			Lantai	=	0,2	x	4,25%	=	0,85%	
TATA RUANG 30,37%	Instalasi Listrik	24,30%	Dinding	=	0,2	x	4,25%	=	0,85%	
			Distribusi Jaringan	=	0,833	x	24,30%	=	20,24%	
	Susunan Ruang	6,07%	Beban Penggunaan	=	0,167	x	24,30%	=	4,06%	
			Kepadatan Ruang	=	0,833	x	6,07%	=	5,06%	
			Posisi Ruang	=	0,167	x	6,07%	=	1,01%	

Pada Tabel 5.6 menunjukkan bahwa hierarki dan bobot peran masing-masing parameter terhadap nilai keandalan sistem proteksi pasif. Hierarki variabel tertinggi adalah material dengan nilai 41,47%. Hierarki indikator tertinggi adalah instalasi listrik dengan nilai 24,30%. Hierarki parameter tertinggi adalah distribusi jaringan listrik dengan nilai 20,24%. Sedangkan, hierarki variabel terendah adalah struktur dengan nilai 3,97%. Hierarki indikator terendah adalah konduktivitas struktur dengan nilai 0,48%. Hierarki parameter terendah adalah konduktivitas balok dan konduktivitas kolom, yang keduanya memiliki nilai yang sama, yaitu 0,10%.

Tabel 5.7 Hierarki prioritas variabel, indikator, dan parameter sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba Desa Hutaraja

Hierarki Variabel		Hierarki Indikator		Hierarki Parameter	
DESAIN SITE	15,10%	Jarak bangunan	7,77%	Lebar Jarak	5,83%
		Sumber air	3,34%	Bukaan Saling Berhadapan	1,94%
				Jarak	2,67%
		Ruang Terbuka	1,99%	Kapasitas	0,67%
				Luasan	1,49%
		Penataan Blok Massa	1,02%	Kondisi Permukaan	0,50%
AKSESIBILITAS	9,09%	PMK Terdekat	5,35%	Susunan Masa dalam Site	0,89%
				Posisi Masa Terhadap Jalan	0,13%
		Kondisi Jalan	2,29%	Keberadaan Benda Mudah Terbakar	0,99%
				Benda Tidak Dapat Berpindah	0,86%
				Benda Dapat Berpindah	0,12%
				Waktu Tempuh	4,46%
STRUKTUR	3,97%	Akses di dalam site	1,45%	Jumlah Armada	0,89%
				Kondisi Permukaan Jalan	1,45%
		Integritas Struktur	2,41%	Topografi	0,60%
				Dimensi Jalan	0,24%
		Stabilitas Struktur	1,08%	Keberadaan Obstacle	1,21%
				Manufer unit PMK di dalam Site	0,24%
MATERIAL	41,47%	Flamabilitas Material	21,39%	Rangka Atap	1,45%
				Balok	0,48%
				Kolom	0,48%
		Perambatan Material	9,91%	Rangka Atap	0,65%
				Balok	0,22%
				Kolom	0,22%
Resistensi Material	5,60%	Rangka Atap	0,29%		
		Balok	0,10%		
		Kolom	0,10%		
TATA RUANG	30,37%	Konduktifitas Struktur	0,48%	Atap	12,95%
				Lantai	4,32%
				Dinding	4,32%
		Konduktifitas Material	4,21%	Atap	6,00%
				Lantai	2,00%
				Dinding	2,00%

Peringkat ini nantinya berguna untuk menyusun prioritas saat melakukan upaya optimalisasi sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba Kampung Ulos Hutaraja berdasarkan urutan hirarki variabel, indikator, dan parameternya.

5.1.2 Analisa Tingkat Keandalan Sistem Proteksi Pasif pada Kampung

Ulos Hutaraja-Pardamean Eksisting

Keandalan sistem proteksi pasif pada kondisi eksisting Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean dinilai melalui kajian literatur dan dilanjutkan dengan pengamatan hasil observasi dan deep interview. Observasi dilakukan melalui pengamatan dan pengukuran langsung dilapangan terhadap parameter-parameter dari masing-masing variabel (Tabel 3.4) . Kemudian dilanjutkan dengan deep interview kepada tokoh-tokoh masyarakat, dinas terkait, warga lokal, dan lain-lain.

Deep interview di lapangan tepatnya di Pangururan dilakukan kepada lima orang (Lampiran III) . Dua orang Kepala Desa, satu orang petugas pemadam kebakaran, satu orang warga lokal, dan satu orang dari dinas terkait adalah Sekretaris Satpol PP dikarenakan Dinas Pemadam Kebakaran Kabupaten Samosir berada dibawah naungan Satpol PP.

5.1.2.1 Desain Site Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

A. Penataan Blok Massa

Desain dan perencanaan bangunan (dalam hal ini desain ruang luar dan aksesibilitas bangunan) ternyata sangat berperan dalam mendukung perlindungan terhadap timbul, berkembang dan tertanggulangnya kebakaran terhadap bangunan

(Rahman, 2003). Pemisahan blok memiliki tujuan dalam keselamatan bangunan itu untuk melokalisasi apabila terjadi kebakaran tidak mudah merembet ke bangunan lainnya (Nurmayadi & Huseiny, 2018).



Gambar 5.3 Analisa penataan blok massa

Adanya dua jalan yang terdapat di bagian belakang dan depan rumah dapat membantu proses pemadaman dapat berjalan optimal. Api dapat segera diatasi serta penjarangan api dari rumah ke rumah dapat diminimalisir. Hal ini karena, setiap rumah dapat dipadamkan minimal dari 2 sisi (muka dan belakang rumah) dan potensi penyebaran api dari sisi belakang dan depan rumah juga menjadi lebih kecil. (Setiani, 2015). Pada Permukiman Tradisional Batak Toba, mayoritas jalan hanya terdapat pada sisi depan bangunan (Gambar 5.3). Hanya dua rumah pada blok sisi selatan yang memiliki akses jalan pada bagian depan dan belakang bangunan yang mengakomodasi lebar kendaraan.

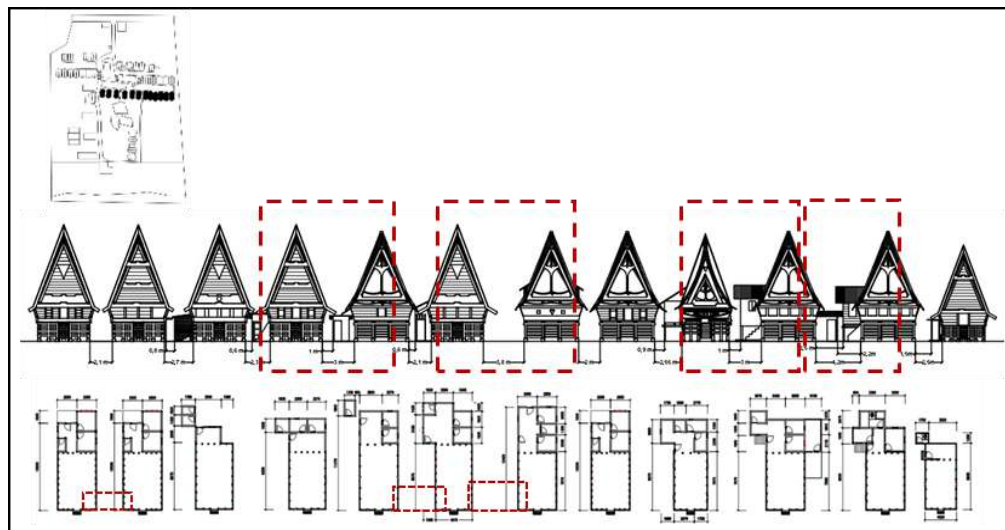
Massa blok sisi barat memiliki dua akses jalan di sisi depan dan belakang bangunan, namun akses jalan pada sisi belakang hanya dapat mengakomodasi pejalan kaki. Salah satu Indikator kerentanan kebakaran di tingkat daerah, yaitu tingkat kepadatan (Kumar & Bhaduri, 2018). Kepadatan bangunan terbagi dalam 3 kelas, yaitu kepadatan tinggi dengan jumlah bangunan >100 unit/Ha atau setara dengan 100 m² per unit, kepadatan sedang dengan jumlah bangunan 80-100 unit/Ha atau setara dengan 101-124 m² per unit, dan kepadatan rendah dengan jumlah bangunan <80 unit/Ha atau setara dengan 125m² per unit.(Permen PU No 14 Tahun 2018). Pada Kampung Ulos Hutara-Pradamean terdapat total 42 bangunan dengan luas ± 1,59 Ha atau setara dengan 378 m² per unit, yang berarti kawasan ini berada pada tingkat kepadatan rendah.

Namun, jika mengacu langsung pada kondisi di lapangan, kepadatan massa bangunan pada tiap-tiap blok massa bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean tidak merata. Kepadatan tertinggi ada di blok massa bangunan selatan dengan 26 unit bangunan pada lahan ± 0,76 Ha atau setara dengan 292m² per unit, kemudian blok massa bangunan utara dengan 10 unit bangunan pada lahan ± 0,32 Ha atau setara dengan 320m² per unit, dan kepadatan paling rendah berada di blok massa bangunan sisi barat dengan 4 unit bangunan pada lahan ± 0,51 Ha atau setara dengan 1275m² per unit.

B. Jarak Antar Bangunan

Jarak antar bangunan perlu diperhatikan karena ketika terjadi bahaya kebakaran maka penjaralan api akan sangat mungkin terjadi ke bangunan yang terdekat yang berada disekitarnya (Mareta & Hidayat, 2020). Jarak antar bangunan bertujuan agar

kebakaran tidak mudah menjalar kebangunan disebelahnya, akibat konveksi atau radiasi serta untuk mengakomodasi area operasional pemadam kebakaran (Wahyudi dkk., 2013). Lebar jarak minimum antar bangunan yang dapat dikatakan aman dari resiko menjalarnya api kebakaran adalah 3m untuk bangunan dengan tinggi kurang dari 8m (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008). Selain lebar jarak, suatu bukaan yang merupakan bagian dari ruangan yang terbakar dan menyebabkan terjadinya pelepasan panas, dapat dinyatakan bahwa bukaan tersebut merupakan sumber panas yang dapat mengeluarkan lidah api (Tanubrata & Wiryopranoto, 2016).

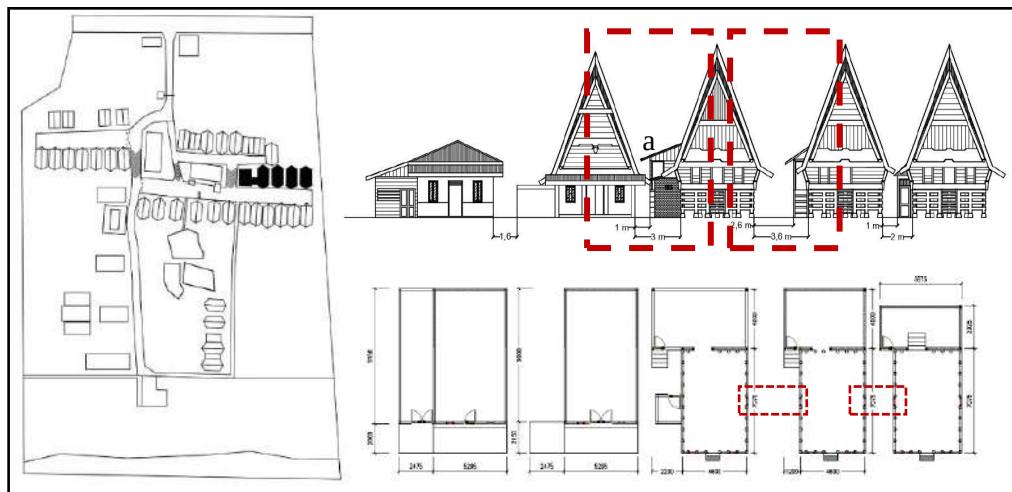


Gambar 5.4 Analisa jarak antar bangunan blok massa Selatan Baris Barat

Pada Massa bangunan blok sisi selatan baris paling barat, hanya ada 4 jarak antar bangunan yang memenuhi kriteria jarak aman antar bangunan, yaitu bangunan ke-4 dan ke-5 dari kiri dengan jarak 3m, bangunan ke-6 dan ke-7 dari kiri dengan jarak 3,8m, bangunan ke-9 dan ke-10 dari kiri dengan jarak 3m, dan bangunan ke-10 dan ke-11 dari kiri dengan jarak 4,2m (Gambar 5.4). Namun, jarak aman ini juga hanya dipenuhi pada bagian depan bangunan, jarak antar bangunan mengecil pada

sisi belakang bangunan atau area ekstensi menjadi kurang dari 3m.

Lidah Api tersebut dapat menyebarkan api ke bangunan disebelahnya, terlebih lagi jika jendela pada posisi berhadapan dengan rumah disampingnya yang berdekatan, api dapat mengenai benda mudah terbakar di dekat jendela yang kemudian membuat api menyebar. Rumah tradisional Batak Toba tidak banyak yang memiliki bukaan pada sisi samping, bukaan umumnya berada pada sisi depan. Pada Massa bangunan blok sisi selatan, hanya ada 5 unit rumah yang memiliki bukaan yang relatif berhadapan. Ukuran jendela juga relatif kecil sehingga lidah api yang keluar bila terjadi kebakaran juga akan kecil.



Gambar 5.5 Analisa jarak antar bangunan blok massa Selatan Baris Tengah

Pada massa bangunan blok sisi selatan baris tengah, 2 dari 4 jarak antar bangunan yang memenuhi kriteria jarak aman antar bangunan, yaitu bangunan ke-2 dan ke-3 dari kiri dengan jarak 3m dan bangunan ke-3 dan ke-4 dari kiri dengan jarak 3,6m (Gambar 5.5). Namun, jarak aman ini juga hanya dipenuhi pada bagian depan bangunan, jarak antar bangunan mengecil pada sisi belakang bangunan atau area ekstensi menjadi kurang dari 3m. Pada blok ini, 3 unit rumah memiliki bukaan

yang berhadapan, yaitu rumah ke-3,4,dan 5 dari kiri. Namun, jendela sangat jarang dalam posisi terbuka. Selain itu, ukuran jendela juga relatif kecil.



Gambar 5.6 Analisa jarak antar bangunan blok massa Selatan Baris Timur

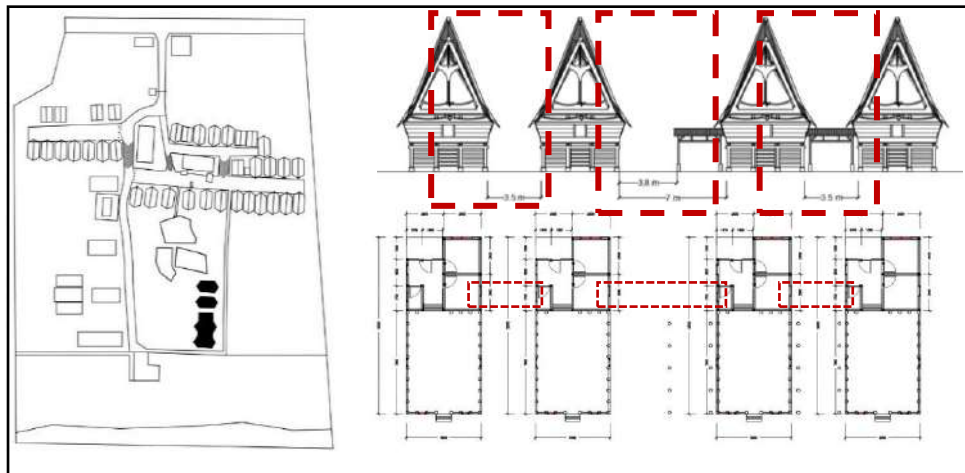
Pada massa bangunan blok sisi selatan baris timur, hanya ada 1 dari 6 jarak antar bangunan yang memenuhi kriteria jarak aman antar bangunan, yaitu bangunan ke-3 dan ke-4 dari kiri dengan jarak 3,6m (Gambar 5.6). Namun, jarak aman ini juga hanya dipenuhi pada bagian depan bangunan, jarak antar bangunan mengecil pada sisi belakang bangunan atau area ekstensi menjadi kurang dari 3m. Pada blok ini, 5 unit rumah memiliki bukaan yang berhadapan, yaitu 5 rumah pada deretan paling kanan. Selain itu, ukuran jendela juga relatif kecil serta jendela sangat jarang dalam posisi terbuka, jendela yang paling sering terbuka adalah jendela pada sisi depan yang menghadap ke arah jalan.



Gambar 5.7 Analisa jarak antar bangunan blok massa Utara

Pada massa bangunan blok sisi utara, hanya ada 2 dari 6 yang memenuhi kriteria jarak aman antar bangunan, yaitu bangunan ke-5 dan ke-6 dari kiri dengan jarak 3m, dan bangunan ke-6 dan ke-7 yang juga berjarak 3m (Gambar 5.7). Namun, jarak aman ini juga hanya dipenuhi pada bagian depan bangunan, jarak antar bangunan mengecil pada sisi belakang bangunan atau area ekstensi menjadi kurang dari 3m.

Pada blok ini juga banyak ditemukan bukaan pada sisi samping bangunan, namun posisinya tidak saling berhadapan dengan bukaan pada bangunan disampingnya. Dari 7 unit rumah, hanya 2 unit rumah yang memiliki bukaan saling berhadapan, yaitu pada rumah dengan urutan ke-2 dan ke-3 dari arah kiri.



Gambar 5.8 Analisa jarak antar bangunan blok massa Barat

Pada dasarnya, seluruh massa bangunan blok sisi barat memenuhi kriteria jarak aman antar bangunan. Secara berurutan dari kiri, rumah ke-1 dan ke-2 berjarak 3,5 meter, rumah ke-2 dan ke-3 berjarak 7 meter, serta rumah ke-3 dan ke-4 berjarak 3,5 meter. Namun, adanya bangunan ekstensi pada sisi samping bangunan menjadikan lebar jarak bangunan berkurang, 1 jarak antar bangunan menjadi tidak memenuhi standar jarak aman. Jarak bangunan ke-2 dan ke-3 yang semula 7 meter berkurang menjadi 3,8 m, dan jarak bangunan ke-3 dan ke-4 yang semula 3,5 meter menjadi tidak ada jarak sama sekali. Pada blok ini, tidak ditemukan bukaan yang persis berhadapan pada sisi samping bangunan (Gambar 5.8).

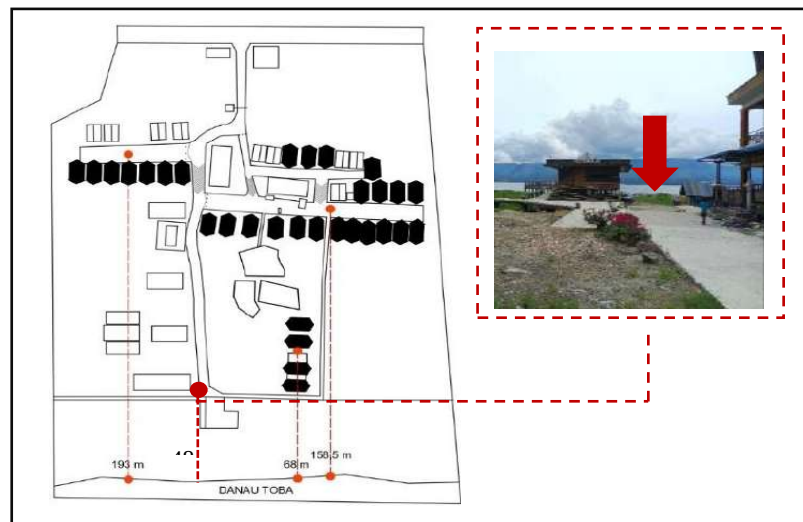


Gambar 5.9 Analisa bukaan saling berhadapan blok massa barat

Bukaan yang relatif berhadapan tidak berada pada elevasi yang sama. Bukaan tersebut merupakan bukaan jendela kamar dan jendela kamar mandi. Bukaan jendela kamar mandi berada pada posisi yang lebih tinggi dan memiliki lebar bukaan yang kecil (Gambar 5.9).

C. Keberadaan Sumber Air

Pasokan air untuk keperluan pemadam kebakaran dapat diperoleh dari sumber alam seperti kolam air, danau, sungai, jeram, sumur dalam dan saluran irigasi; maupun buatan seperti tangki air, tangki gravitasi, kolam renang, air mancur, reservoir, mobil tangki air dan hidran. Dalam hal pasokan tersebut berasal dari sumber alami maka harus dilengkapi dengan pemipaan/peralatan penghisap air (*drafting point*) (Permen PU, 2009).



Gambar 5.10 Analisa jarak dengan sumber air alami

Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean berbatasan langsung dengan Danau Toba pada sisi barat dengan bibir pantainya yang berupa rawa. Mengambil air dari danau juga merupakan hal yang umum dilakukan oleh pemadam kebakaran

setempat. Namun, hal tersebut juga tidak serta merta dapat dilakukan.

” Pompa armada mobil kebakaran masih memadai untuk selang sepanjang 300m, tapi sumber air dari danau biasa diambilnya dari dermaga dengan panjang selang 12 dari bibir pantai. Lama mengisinya 3 menit.”

(Petugas Pemadam Kebakaran).

”Sumber air dari danau Toba. Titiknya tidak dapat ditentukan, mencari dimana yang dalam.”

(Sekretaris Satpol PP).

Sehingga belum dapat dipastikan apakah sumber air dari danau dapat digunakan oleh pemadam kebakaran, sebab belum pernah dilakukan percobaan sebelumnya. Keadaan bibir pantainya yang berupa rawa juga dapat mempersulit manufer mobil pemadam apabila akan melakukan pengambilan air danau pada di kampung tersebut. Umumnya titik terdekat dari pantai yang dicapai kendaraan adalah 48m (Gambar 5.10).

Selain sumber air alami, juga tersedia perangkat persediaan sumber air buatan yang ditujukan khusus untuk proses pemadaman kebakaran seperti *hydrant box, hydrant pilar, dan siamesse connection*.

”Terdapat pilar hindrant (agar mobil pemadam tidak perlu masuk). Sumber air rumah-rumah warga dari PDAM”

(Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan)

Perletakan lokasi *hydrant* berada dalam jarak radius 50 meter dan diletakan sepanjang jalur akses mobil pemadam kebakaran. Pasokan air untuk hidran halaman harus sekurang-kurangnya 2400 liter/menit pada tekanan 3,5 bar, serta mampu mengalirkan air minimal selama 45 menit (PUPR, 2022).



Gambar 5.11 Analisa jarak radius *hydrant*

Lingkaran merah menunjukan radius 50 meter dari titik *hydrant* (Gambar 5.11) Seluruh titik *hydrant* tersebut masih berada pada radius 50 meter dari jalan yang dapat dilalui kendaraan. Begitu pula dengan perangkat lainnya seperti siamesse connection yang berada pada tepi jalan masuk utama.



Gambar 5.12 Analisa kondisi *hydrant*

Namun, meskipun seluruh perangkat pemadam api yang ada sudah terpasang pada posisi yang tepat di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, tidak dapat dipastikan apakah perangkat-perangkat tersebut dapat bekerja dengan baik atau tidak. Terlebih lagi *hydrant box* ditemukan tidak dalam kondisi lengkap (Gambar 5.12). Selain itu juga tidak dapat dipastikan apakah pada *hydrant* pilar yang terpasang terdapat suplay air berupa tanki air atau tidak. Pengecekan secara berkala tidak dilakukan terhadap perangkat-perangkat sumber air yang telah tersedia.

”Hydrant-hydrant yang sudah terpasang tidak memiliki sumber air sendiri, tetap harus mengandalkan supply air dari mobil damkar. Jadi, Hydrant hanya berfungsi sebagai penambah jangkauan selang. Juga tidak ada dana khusus untuk uji coba berkala (hydrant).”

(Petugas Pemadam Kebakaran).

D. Ketersediaan Ruang Terbuka

Penyediaan ruang-ruang terbuka dan sebagainya dalam rangka mengakomodasi parkir kendaraan pemadam kebakaran. Halaman dan ruang parkir harus cukup untuk kendaraan pemadam dengan panjang 10 - 15m dan atau kendaraan mobil tangga dengan panjang 7 - 13 m untuk bergerak dan berbalik arah (Wahyudi dkk., 2013). Ruang terbuka juga memerlukan perkerasan sebagai landasan untuk menahan tekanan pada saat pemadaman berlangsung (Mantra, 2005).

Ruang terbuka pada Permukiman Tradisional Batak Toba secara adat selalu berada di arean tengah antar dua baris rumah dan orientasinya mengarah ke Pusik Buhit. Pada Kampung Ulos Hutaraja Pardamean, ruang terbuka masih tersedia

hingga saat ini, namun orientasi ruang terbuka sudah tidak lagi memiliki patokan. Selain itu masyarakat sekitar biasanya memanfaatkan ruang terbuka tersebut untuk acara-acara adat tertentu seperti pernikahan, pemakaman, dll. Pernyataan ini juga didukung dengan hasil wawancara peneliti dengan beberapa orang yang berpengaruh terhadap ruang tersebut.

“Sudah tidak masalah orientasi, yang penting berhadapan antar bangunan, membentuk open space. Ketersediaan open space mengikuti kebutuhan (masyarakat). Di Hutaraja terdapat 3 open space (yang pada saat-saat tertentu) digunakan untuk Acara pemerintahan, acara adat, konser.”

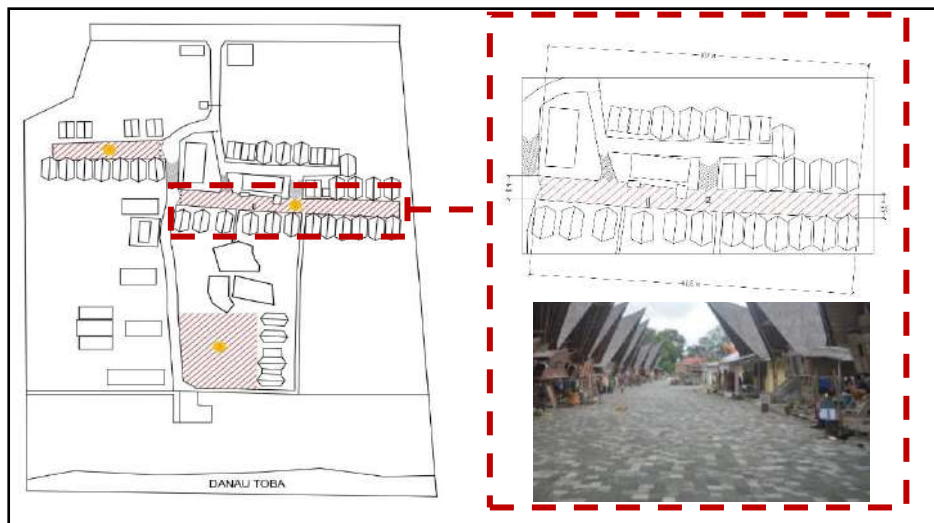
(Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan).

“Untuk acara-acara adat pemakaman masih diadakan acara gondang di rumah adat, tapi itu untuk orangtua yang semua anaknya sudah menikah.”

(Kepala Desa Hutabolon).

“Kegiatan adat rutin tahunan selain kemalangan atau kawinan, ada pesta panen, biasanya di bulan 6 diadakan di sawah. Tapi sekarang sudah jarang. Yang diadakan biasanya pesta bius. Acaranya biasa memotong kerbau, dulu kuda.”

(Warga Lokal).



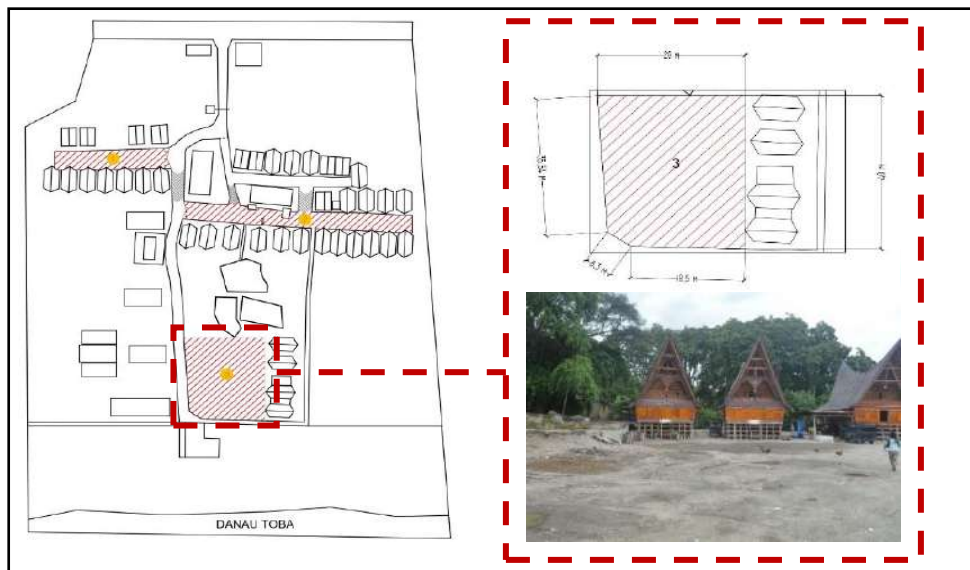
Gambar 5.13 Analisa ketersediaan ruang terbuka blok massa Selatan

Ruang terbuka pada blok massa bangunan utara memiliki bentuk memanjang dari sisi selatan ke utara. Panjang sisi sebelah selatan 8,5 m, sisi utara 11m, sisi timur 107m, dan sisi barat 110,5m (Gambar 5.13). Ukuran ini memenuhi standar untuk menampung kendaraan pemadam dan atau kendaraan mobil tangga. Jika unit pemadam kebakaran terparkir dalam posisi berbaris memanjang ke belakang dan diperkirakan dengan perhitungan dimensi unit kendaraan terpanjang yaitu 15m, maka ruang terbuka ini mampu menampung parkir 7 unit kendaraan pemadam, sedangkan jika diperkirakan menggunakan dimensi unit kendaraan pemadam terpendek yaitu 10 m, maka ruang terbuka ini mampu menampung parkir 10 unit kendaraan pemadam. Permukaan ruang terbuka juga sudah menggunakan perkerasan *conblock* beton.



Gambar 5.14 Analisa ketersediaan ruang terbuka blok massa utara

Ruang terbuka pada blok massa bangunan utara memiliki bentuk tidak teratur namun relatif seperti persegi panjang yang memanjang dari sisi selatan ke sisi utara. Panjang sisi sebelah selatan 10 m, sisi utara 6m, sisi timur 55,5m, dan sisi barat 57m (Gambar 5.14). Ukuran ini memenuhi standar untuk menampung kendaraan pemadam dan atau kendaraan mobil tangga. Jika unit pemadam kebakaran terparkir dalam posisi berbaris memanjang ke belakang dan diperkirakan dengan perhitungan dimensi unit kendaraan terpanjang yaitu 15m, maka ruang terbuka ini mampu menampung parkir 3 unit kendaraan pemadam, sedangkan jika diperkirakan menggunakan dimensi unit kendaraan pemadam terpendek yaitu 10 m, maka ruang terbuka ini mampu menampung parkir 5 unit kendaraan pemadam. Permukaan ruang terbuka juga sudah menggunakan perkerasan *conblock* beton.

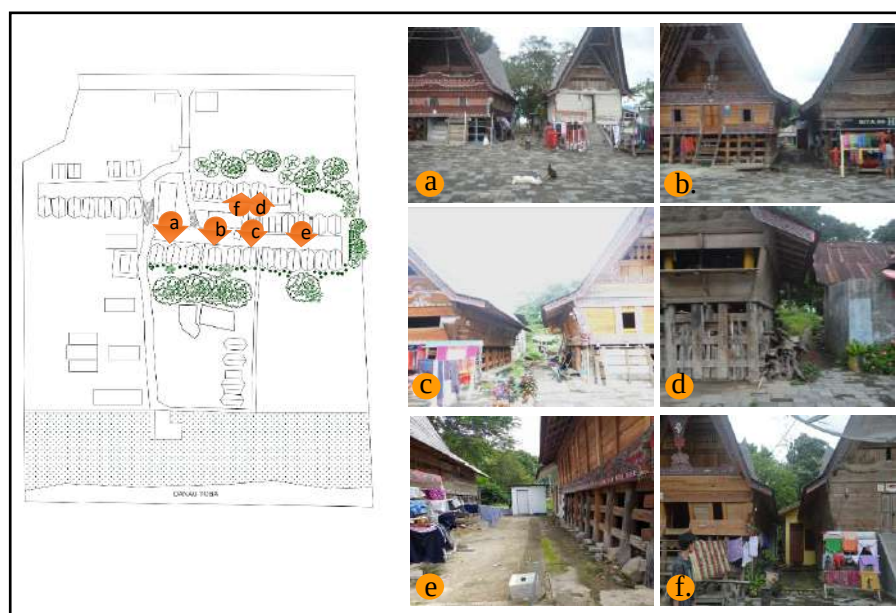


Gambar 5.15 Analisa ketersediaan ruang terbuka blok massa barat

Ruang terbuka pada blok massa bangunan barat memiliki bentuk relatif seperti persegi panjang. Panjang sisi sebelah selatan 40m, sisi utara 35,54m, sisi timur 29m, dan sisi barat 18,5m (Gambar 5.15). Ukuran ini memenuhi standar untuk menampung kendaraan pemadam dan atau kendaraan mobil tangga. Bentuk ruang terbuka ini memungkinkan konfigurasi parkir secara berderet saling bersebelahan. Jika diperhitungkan menggunakan dimensi unit kendaraan terpanjang yaitu 15m, maka ruang terbuka ini mampu menampung parkir 6 unit kendaraan pemadam, sedangkan jika diperkirakan menggunakan dimensi unit kendaraan pemadam terpendek yaitu 10 m, maka ruang terbuka ini mampu menampung parkir 9 unit kendaraan pemadam. Permukaan ruang terbuka masih berupa tanah, perkerasan hanya terbatas pada jalan kendaraan di sisi utara ruang terbuka.

E. Keberadaan Benda Mudah Terbakar

Tindakan pencegahan perlu dilakukan untuk meminimalisir beberapa faktor yang menjadi sumber penyebab terjadinya kebakaran rumah seperti menghindari penumpukan barang mudah terbakar di dalam ruangan, sumber api seperti kompor gas, lilin, tempat puntung rokok harus diletakkan dalam jarak yang berjauhan dari benda atau material yang mudah terbakar (Rahadi dkk., 2023; Muliawan & Sari, 2023). Keberadaan benda mudah terbakar dapat menjadi bahan bakar ketika kebakaran. Pada keadaan lebih buruk, benda mudah terbakar dapat menjadi objek perambatan bagi api dari satu bangunan ke bangunan lainnya.



Gambar 5.16 Analisa keberadaan benda mudah terbakar blok massa selatan

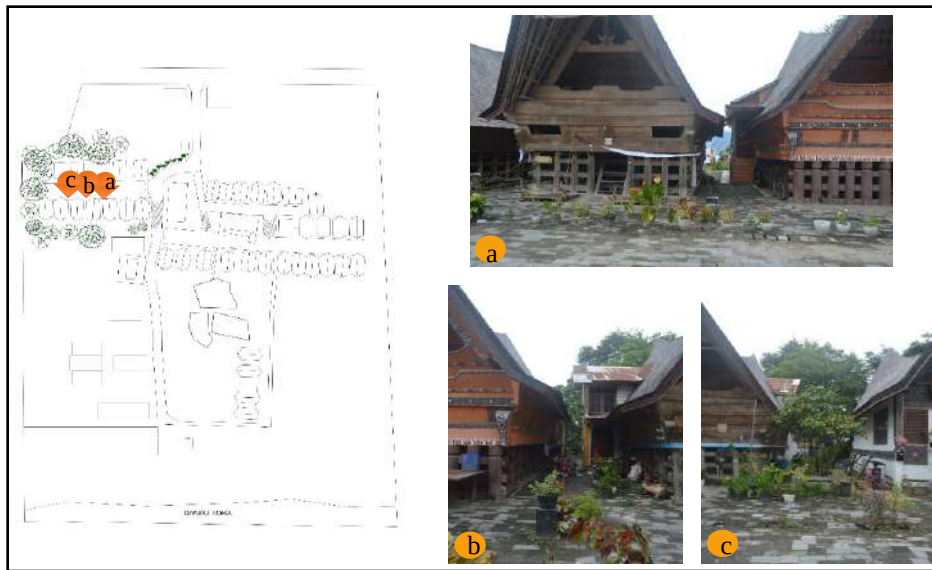
Benda mudah terbakar pada blok massa bangunan selatan terdiri dari benda mudah terbakar yang dapat berpindah dan tidak dapat berpindah. Benda mudah terbakar pada blok ini didominasi oleh benda mudah terbakar dapat berpindah berbahan tekstil yaitu pakaian dan hasil kerajinan tenun ulos. Benda-benda tersebut

hanya berada di tempat-tempat tersebut pada satu waktu tertentu atau tidak secara terus-menerus. Begitupun kendaraan yang letaknya berubah-ubah. Benda mudah terbakar yang tidak dapat berpindah terdiri dari pepohonan yang mengitari sisi belakang bangunan-bangunan pada blok massa bangunan. Pohon-pohon memiliki radius yang besar, sebuah pohon dapat menaungi dua bangunan atau bahkan lebih. Posisinya yang juga menerus mengitari seluruh bangunan membuat resiko merambatnya api melalui pohon dari satu rumah ke rumah lain saat terjadi kebakaran menjadi lebih besar (Gambar 5.16).

”Mata pencaharaan masyarakat Lebih banyak menenun, kemudian nelayan,dan bertani. (Hasil panen tidak disimpan dirumah-rumah lagi). Awalnya (menenun) Kegiatan wajib setiap sabtu martonun sodari/bertenun sehari. Sekarang masyarakat bertenun setiap hari. ”

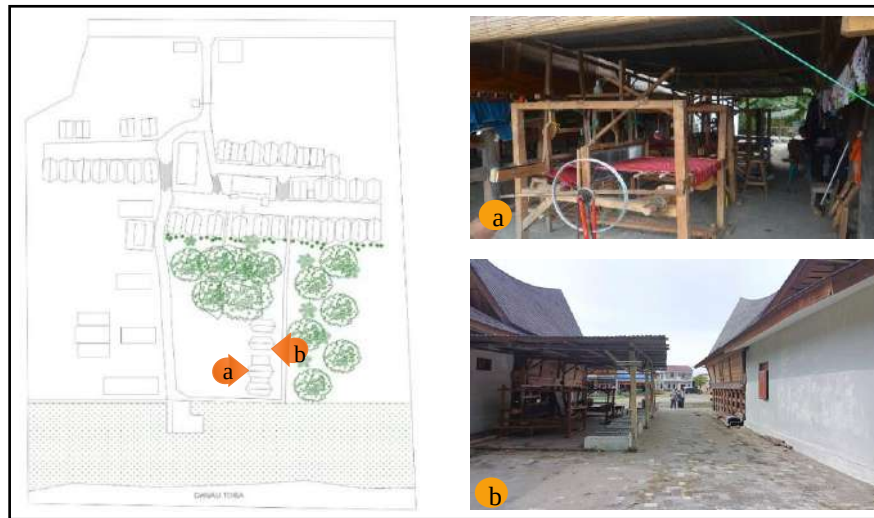
(Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan).

Selain vegetasi, benda mudah terbakar yang paling sering ditemui adalah alat tenun dan kain hasil tenun. Hal tersebut karena matapencaharian masyarakat Kampung Ulos Hutara-Pardamean saat ini didominasi oleh pengrajin ulos. Selain menjual ulos hasil tenun, kegiatan menenun juga menjadi atraksi bagi wisatawan. Sehingga banyak ditemui kain ulos dan mesin tenun di ruang luar. Melalui pertunjukan tersebut mereka memperkenalkan budaya yang pada hakikatnya juga harus terus dijaga dan dilestarikan, agar para wisatawan mengenal dan mengetahuinya.



Gambar 5.17 Analisa keberadaan benda mudah terbakar blok massa utara

Benda mudah terbakar pada blok massa bangunan selatan terdiri dari benda mudah terbakar yang dapat berpindah dan tidak dapat berpindah. Benda mudah terbakar yang dapat berpindah pada blok ini didominasi tanaman-tanaman hias yang secara ukuran relatif kecil, jumlahnya tidak begitu banyak, mudah dipindahkan serta sudah tertata dengan cukup baik, sehingga tidak rentan menjadi media penyebaran api. Benda mudah terbakar yang tidak dapat berpindah terdiri dari pepohonan beradius besar yang mengitari sebagian sisi belakang bangunan-bangunan pada blok massa bangunan. Pohon-pohon besar terdapat pada sisi utara, sebagian sisi timur, dan sebagian sisi barat. Sedangkan, pada bangunan-bangunan yang berada pada sisi selatan blok ini tanaman yang mengitari hanya berupa tanaman perdu dan pohon dengan dimensi teduhan yang kecil (Gambar 5.17).



Gambar 5.18 Analisa keberadaan benda mudah terbakar blok massa barat

Benda mudah terbakar pada blok massa bangunan barat terdiri dari benda mudah terbakar yang dapat berpindah dan tidak dapat berpindah. Benda mudah terbakar pada blok ini didominasi oleh benda mudah terbakar dapat berpindah berupa alat tenun juga kain hasil tenun. Benda-benda tersebut hanya terdapat dua ruang antar bangunan, namun ukuran dan volumenya sangat *masive*, benda-benda tersebut tetap bisa dipindahkan namun membutuhkan upaya lebih karena ukuran yang besar dan jumlahnya yang banyak. Benda mudah terbakar yang tidak dapat berpindah terdiri dari pepohonan yang berada pada sisi timur dan sisi selatan blok massa bangunan ini. Pohon-pohon besar pada sisi timur blok bangunan menerus hingga menggapai bangunan-bangunan pada blok massa bangunan selatan. Hal tersebut meningkatkan resiko menjalarnya api bukannya hanya antar bangunan dalam satu blok namun juga pada bangunan-bangunan antar blok yang berbeda (Gambar 5.18).

Berdasarkan data sekunder berupa kajian literatur dan kemudian dianalisis dengan mengamati hasil observasi lapangan dan juga deep interview, selanjutnya dilakukan penilaian skala ordinal pada kualitas sistem proteksi pasif pada desain *site* Kampung Hutaraja.

Tabel 5.8 Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel desain *site*

Variabel	Indikator	Parameter	Nilai				Hierarki Prioritas Parameter	Nilai Keandalan Parameter Ex	Nilai Keandalan Indikator EX	Nilai Keandalan Variabel EX
			-1	-2	-3	-4		Nilai parameter ex : 4 x Hierarki Prioritas Paramataer		
Desain Site	Jarak bangunan	Lebar jarak	1				5,83%	1,458%	3,398%	7,590%
		Bukaan saling berhadapan				4	1,94%	1,940%		
	Sumber air	Kapasitas		2			2,67%	1,335%	1,670%	
		Jarak		2			0,67%	0,335%		
	Ruang terbuka	Luasan			3		1,49%	1,118%	1,493%	
		Kondisi permukaan			3		0,50%	0,375%		
	Penataan blok massa	Susunan massa dalam site		2			0,89%	0,445%	0,510%	
		Posisi Massa terhadap jalan		2			0,13%	0,065%		
	Keberadaan benda mudah terbakar	Benda tidak dapat berpindah		2			0,860%	0,430%	0,520%	
		Benda dapat berpindah			3		0,120%	0,090%		

Legenda :

- 1- Tidak Ada / Beresiko Sangat Tinggi / Perlu Perbaikan Besar
- 2- Ada tapi tidak bekerja sesuai standar kelayakan / Beresiko Sedang-Tinggi
- 3- Ada, memenuhi standar, tapi masih dapat ditingkatkan / Beresiko Rendah
- 4- Sangat Baik / Sempurna.

Dari Tabel 5.8 menunjukkan bahwa hasil penilaian berdasarkan observasi dan penilaian narasumber. Pada Indikator Jarak Bangunan, jarak antar bangunan pada sisi samping kiri dan kanan terlalu dekat sehingga berisiko tinggi untuk menyalarkan apa apabila terjadi kebakaran. Tata letak permukiman informal sangat penting

dalam menentukan kemampuan permukiman dalam menyebarkan kebakaran skala besar (Stevens dkk., 2020). Sementara jarak antar bangunan yang berhadapan cukup jauh sehingga aman dari resiko api yang menjalar. Pada Indikator sumber air, kapasitas air yang tersedia dinilai ada tapi belum memenuhi standar, jaraknya juga masih dinilai belum layak dikarenakan tepian Danau Toba yang berbatasan langsung dengan Hutaraja merupakan rawa-rawa sehingga diperlukan selang unit pemadam yang panjang hingga mencapai area danau yang cukup dalam untuk menghisap air kedalam tangki agar pasir dan tanaman liar tidak terbawa masuk ke tangki unit pemadam dan menyebabkan kerusakan. Pada Indikator Ruang terbuka parameter luasan dinilai memenuhi standar, begitu juga dengan kondisi permukaannya yang sudah menggunakan perkerasan berupa *paving block*.

Pada Indikator penataan blok massa, susunan massa pada *site* dan juga posisi *site* terhadap jalan dinilai masih memiliki resiko terbakar dalam tingkat sedang hingga tinggi. Pada indikator keberadaan benda mudah terbakar, parameter keberadaan benda mudah terbakar yang dapat dipindahkan dinilai memiliki resiko terbakar dalam tingkat rendah, sedangkan parameter keberadaan benda mudah terbakar yang tidak dapat dipindahkan seperti tanaman menjalar dan pohon masih dinilai berisiko pada tingkat sedang hingga tinggi.

5.1.2.2 Aksesibilitas Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

A. Keberadaan Pemadam Kebakaran terdekat

Salah satu hal yang menjadi pertimbangan pada penyebab yang dapat mengakibatkan meningkatnya risiko bahaya kebakaran adalah jarak dari stasiun

pemadam kebakaran terdekat ke situs bersejarah. Akses terbatas ke bangunan tergantung pada jalan sempit adalah faktor risiko lain yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan keselamatan kebakaran (Durak dkk., 2011).

Jarak jangkauan pos pemadam dapat dikatakan ‘sangat sesuai’ jika letak pos berada di dalam buffer yang jarak jangkauannya $\leq 1,75$ km dan dapat dikatakan sesuai jika letak pos berada di dalam buffer pada jarak jangkauan antara 1,76 - 3,5 km, sedangkan pos yang jaraknya $>3,5$ km atau di luar jangkauan maka dikatakan tidak sesuai (Purwanti, 2015). Waktu tempuh 5 menit, Ini batas waktu terbaik ketika mobil pemadam mampu menjangkau lokasi kebakaran dari pos (Sugianto & Buchori, 2020).

”Damkar ada 4 tempat. 1 di kantor bupati(Rianiate), 1 di pusat Kota Pangururan, 1 di Nainggolan, 1 Ambarita. Armada di Ambarita e-katalog 2017. Armada di Pangururan Hino e-katalog 2014. Tidak ada peralatan lain selain 4 unit mobil pemadam. Personil masing-masing, Simanindo 8 orang, Nainggolan 10 orang, Rianniate 8 orang, Pangururan 10 Orang. Standar damkar 7.5km dari pos. Tapi karena area kebutuhannya luas (dan armadanya terbatas), standar tidak terpenuhi.”

(Petugas Pemadam Kebakaran).

Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean berada di Kabupaten Samosir. Kabupaten Samosir yang terdiri dari sembilan kecamatan hanya memiliki empat pos pemadam kebakaran. Padahal, di setiap kantor kecamatan harusnya terdapat pos sektor damkar yang dilengkapi sarana prasarana damkar, sarana prasarana penyelamatan

dan evakuasi serta ketersediaan aparatur selama 24 (dua puluh empat) jam yang dilaksanakan secara bergantian (Permendagri No.114, 2018). Berdasarkan hal tersebut, maka seharusnya ada sembilan pos pemadam kebakaran yang ada di Kabupaten Samosir.



Gambar 5.19 Analisa keberadaan pos pemadam kebakaran terdekat

Lingkaran kuning pada peta (Gambar 5.19) menggambarkan radius waktu tempuh 5 menit dari Kampung Ulos Huataraja-Pardamean. Dari gambar tersebut terlihat bahwa tidak ada satupun pos pemadam yang berada pada radius tersebut. Hal ini mengindikasikan, secara waktu tempuh keberadaan pemadam kebakaran tidak memadai. Pos Pemadam terdekat adalah Pos Pemadam Pangururan yang berdurasi jarak tempuh 11 menit.

” Armada ada empat unit. Disebar di empat titik. Di kota pangururuan, Kantor Bupati, Nainggolan dan Simanindo. Wilayah kerja keseluruhan mencakup seluruh wilayah kabupaten samosir (9 Kecamatan). Armada yang ada sekelas mitsubishi dan hino. Armada dipilih yang kecil agar dapat menjangkau jalan-jalan yang kecil.

Sparepart juga sulit. Hanya ada di Medan. Dan harganya tinggi. Ada satu armada yang pompanya bermasalah. Ada juga yang tangkinya berkarat.”

(Sekretaris Satpol PP).

Keempat pos pemadam tersebut masing-masing dilengkapi dengan 1 unit mobil pemadam kebakaran. Idealnya 1 (satu) mobil pemadam kebakaran dilengkapi dengan 6 (enam) orang petugas (Damayanti dkk., 2021). Personil pemadam Pos Ambarita terdiri dari 8 orang yang dipimpin oleh seorang danru (Komandan Regu). Jam kerja personil dibagi menjadi 2 shift dengan tiap shift diisi oleh 4 orang personil. Personil di Pos Pangurusan terdiri dari 10 orang. Jam kerja personil dibagi menjadi 2 shift dengan tiap shift diisi oleh 5 orang personil. Personil di Pos Kantor Bupati Samosir (Kecamatan Rianniate) terdiri dari 6 orang. Jam kerja personil dibagi menjadi 2 shift dengan tiap shift diisi oleh 3 orang personil. Masing-masing shift punya waktu tugas 24 jam. Namun, apabila terjadi kebakaran dan jika dibutuhkan maka seluruh petugas akan ikut bertugas, namun yang paling bertanggung jawab adalah regu yang sedang aktif shift. Apabila saat terjadi kebakaran, seluruh personil dari tiap-tiap pos pemadam dikerahkan, maka dapat dikatakan jumlah personil memadai, namun jika regu yang diturunkan hanya regu pada shift yang aktif maka, jumlah regu tidak memadai standar ideal.

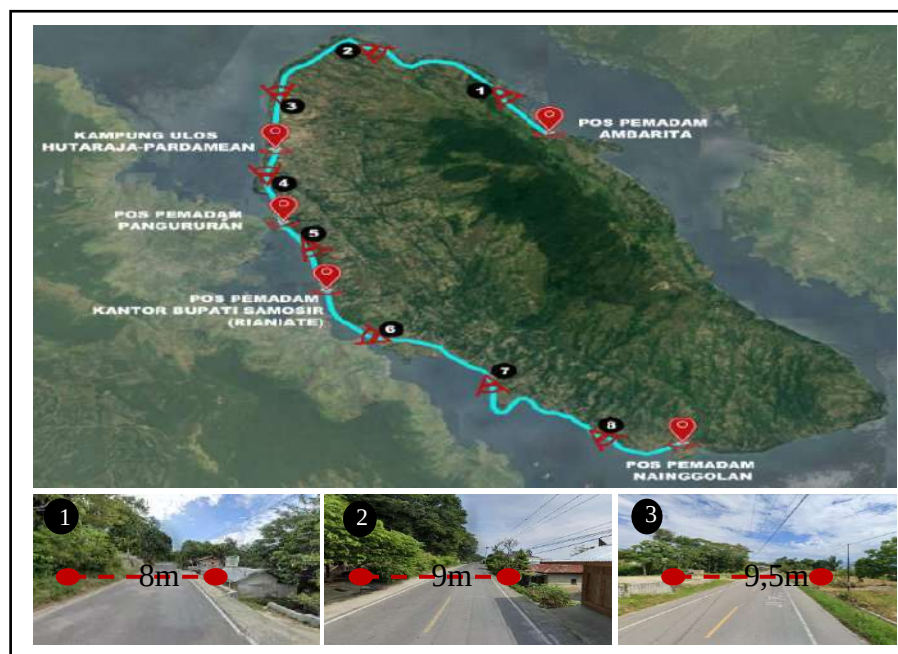
”Unit mobil damkar dipanaskan setiap hari, tapi kalau pompa tidak di tes setiap hari. Yang di kantor bupati sudah kendala, tidak konek pompanya. Pernah kejadian kebakaran bengkel menjual minyak dan gas, pemadamannya menggunakan diterjen, karena tidak ada foam khusus. Pemadamannya berhasil tapi tangkinya jadi berkarat.”

(Petugas Pemadam Kebakaran).

Kondisi armada juga tidak sepenuhnya dalam kondisi baik, terdapat dua unit mobil pemadam yang mengalami kerusakan, satu unik mengalami kerusakan pada pompa dan satu unit lainnya mengalami kebocoran pada tangki. Hal tersebut tentu saja mempengaruhi kinerja tim pemadam kebakaran.

B. Kondisi Jalan Menuju *Site*

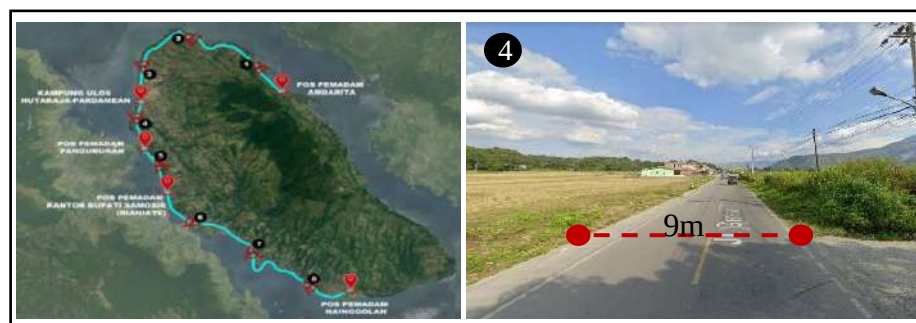
Tingkat keandalan kondisi jalan dinilai melalui ukuran lebar jalan, kondisi permukaan jalan dan toporafinya. Kondisi jalan yang dinilai adalah rute menuju tiap-tiap pos pemadam kebakaran yang ada pada lingkup satu kabupaten dengan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.



Gambar 5.20 Analisa kondisi jalan menuju *site* dari pos pemadam Ambarita

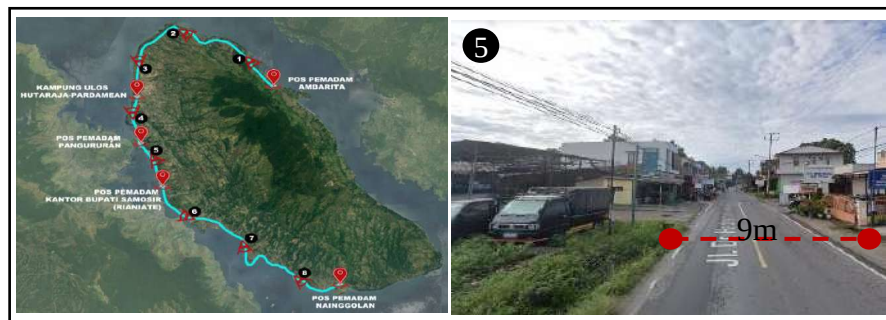
Kondisi jalan dari Pos Pemadam Kebakaran Ambarita menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean pada sampel jalan di titik 1 kondisi permukaan jalan dalam

kondisi baik, tidak terlihat adanya kerusakan pada aspal, topografi jalan juga datar meski tepi kiri dan kanan jalan memiliki ketinggian yang berbeda, dimensi jalan ± 8 meter sampai dengan bahu jalan. Pada sampel jalan di titik 2 kondisi permukaan jalan dalam kondisi baik, tidak ditemukan kerusakan seperti jalan berlubang, topografi jalan relatif datar, dimensi jalan ± 9 meter sampai dengan bahu jalan. Pada sampel jalan di titik 3 kondisi permukaan jalan dalam kondisi baik, tidak ditemukan kerusakan seperti jalan berlubang, topografi jalan relatif datar sebagaimana kondisi lahan pada kiri dan kanan jalan, dimensi jalan $\pm 9,5$ meter sampai dengan bahu jalan (Gambar 5.20).



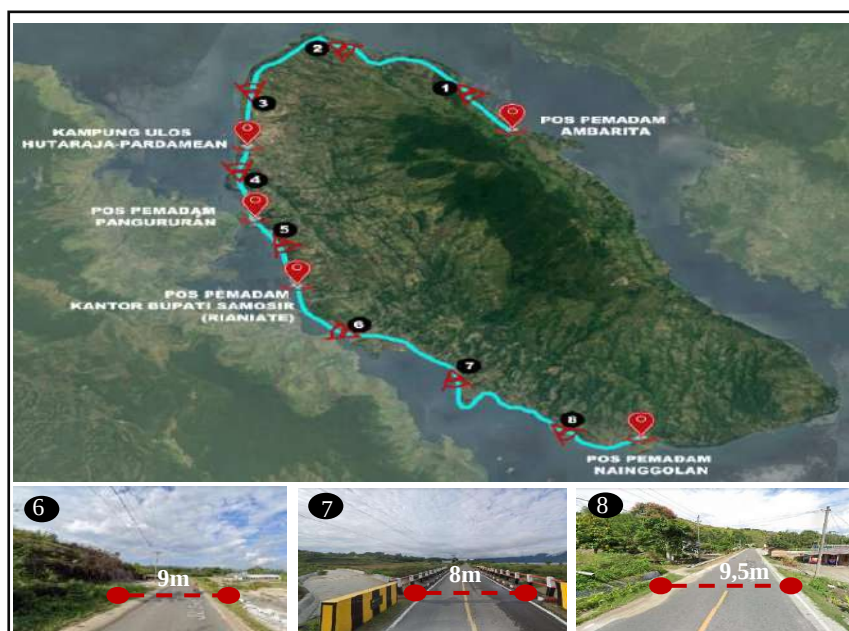
Gambar 5.21 Analisa kondisi jalan menuju *site* dari pos pemadam Pangururan

Kondisi jalan dari Pos Pemadam Kebakaran Panguruan menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean dengan sampel jalan di titik 4 permukaan jalannya dalam kondisi baik, tidak terlihat adanya kerusakan pada aspal, topografi jalan juga datar begitupula tepi kiri dan kanan jalan, dimensi jalan $\pm 8,5$ meter sampai dengan bahu jalan (Gambar 5.21).



Gambar 5. 22 Analisa kondisi jalan menuju *site* dari pos pemadam Rianniate

Kondisi jalan dari Pos Pemadam Kebakaran Rianniate menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean dengan sampel jalan di titik 5 yang merupakan ruas jalan antara titik Pos Pemadam Kebakaran Pangururan dan Pos Pemadam Kebakaran Rianniate. Permukaan jalannya dalam kondisi baik, tidak terlihat adanya kerusakan pada aspal, topografi jalan juga datar begitupula tepi kiri dan kanan jalan, dimensi jalan ± 9 meter sampai dengan bahu jalan. Jalan pada ruas ini lebih padat dari area lainnya karena merupakan pusat kota dan perdagangan kota Pangururan. Kemacetan juga sering terjadi ketika hari pasar (Gambar 5.22).



Gambar 5.23 Analisa kondisi jalan menuju *site* dari pos pemadam Nainggolan

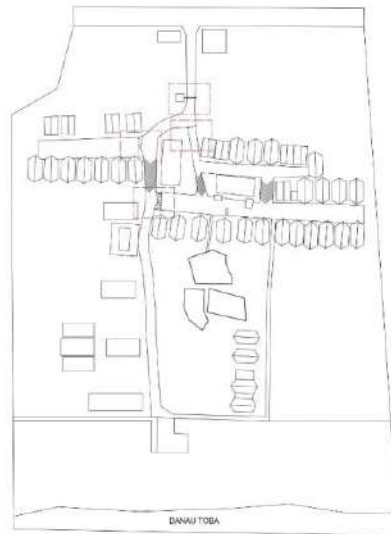
Kondisi jalan dari Pos Pemadam Kebakaran Nainggolan menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean di ruas jalan antara titik Pos Pemadam Kebakaran Rianniate dan Pos Pemadam Kebakaran Nainggolan. Pada titik 6, Kondisi permukaan jalan dalam kondisi baik, tidak terlihat adanya kerusakan pada aspal, topografi jalan juga datar meski tepi kiri dan kanan jalan memiliki ketinggian yang berbeda sisi kanan jalan (barat) relatif datar sedangkan sisi kiri (timur) mengalami kenaikan, dimensi jalan ± 9 meter sampai dengan bahu jalan. Pada titik 7 kondisi permukaan jalan dalam kondisi baik, tidak ditemukan kerusakan seperti jalan berlubang, topografi jalan relatif datar, dimensi jalan ± 8 meter sampai tepi jembatan. Pada titik 3 kondisi permukaan jalan dalam kondisi baik, tidak ditemukan kerusakan seperti jalan berlubang, topografi jalan relatif datar, kondisi lahan pada kiri dan kanan jalan lebih rendah dari posisi jalan, dimensi jalan $\pm 9,5$ meter sampai dengan bahu jalan (Gambar 5.23).

C. Akses di Dalam Site

Selain aksesibilitas menuju *site*, aksesibilitas di dalam *site* juga penting untuk diperhatikan. Setiap bangunan juga harus menyediakan perkerasan yang ditempatkan sedemikian rupa, sehingga dapat langsung mencapai bukaan akses pemadam kebakaran pada bangunan. Perkerasan tersebut harus dapat mengakomodasi jalan masuk dan manuver mobil pemadam (Maulinda dkk., 2018).

Lebar minimum jalan dengan lapis perkerasan adalah 6 m dan panjang minimumnya 15 m. Jalan dengan lapis perkerasan yang digunakan sebagai jalur mobil pemadam harus dibuat sedatar mungkin dengan kemiringan tidak boleh lebih dari 1 : 15, sedangkan pada bagian jalur masuk batas maksimum kemiringannya landai yaitu 1 : 8,5. Berikutnya, radius terluar dari belokan pada jalur masuk tidak

boleh kurang dari 10,5 m (Maulinda dkk., 2018).



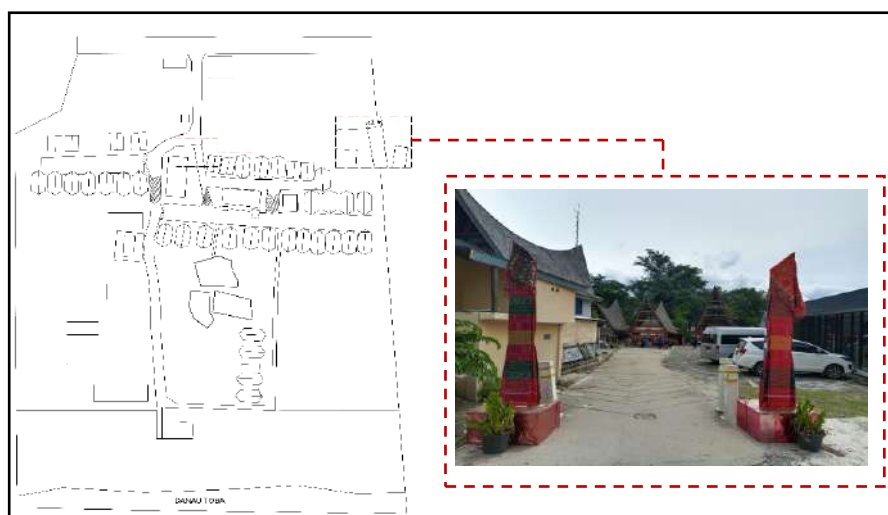
Gambar 5.24 Analisa keberadaan *obstacle*

Tidak hanya lebar jalannya yang harus memenuhi standar minimum. Akses di dalam *site* yang dibutuhkan harus bebas dari segala hambatan apapun yang dapat mempersulit masuk keluarnya mobil pemadam saat terjadinya kebakaran (PUPR, 2022). Adanya hambatan seperti *bollard* dan portal pada akses jalan dalam kawasan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean dapat mempersempit jalan. Terdapat empat titik akses dalam *site* yang terhalang oleh bollar atau portal (Gambar 5.24). Jalan yang semula memenuhi standar menjadi sulit untuk mengakomodasi kendaraan pemadam kebakaran.



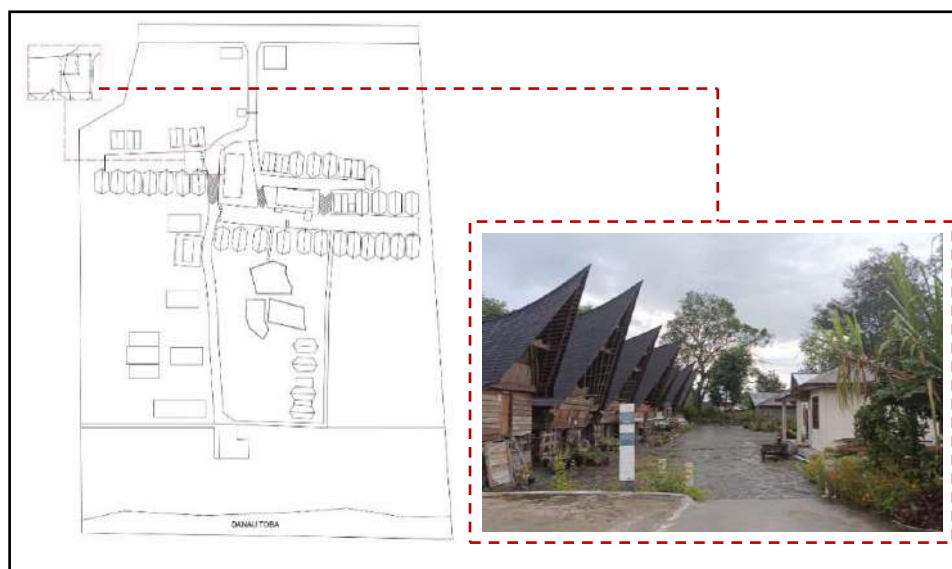
Gambar 5.25 Analisa keberadaan *obstacle* 1 (Portal)

Berurutan mulai dari pintu masuk Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, *obstacle* pertama berupa portal. Portal menggantikan fungsi pagar untuk membatasi keluar masuk kendaraan ke dalam kawasan kampung. Portal dapat dibuka dan di tutup secara praktis (Gambar 5.25). Sehingga *obstacle* ini tidak signifikan berdampak sebagai penghalang aksesibilitas kendaraan pemadam menuju ke kawasan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.



Gambar 5.26 Analisa keberadaan *obstacle* 2 (Bollard)

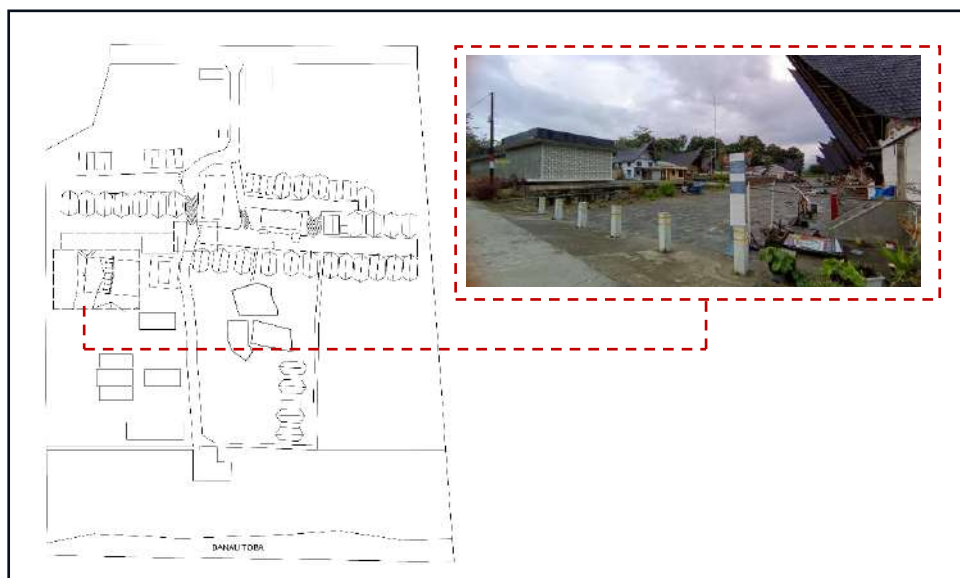
Jalan dengan *bollard* pertama yang dijumpai ketika masuk ke kawasan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean merupakan jalan masuk ke area blok massa bangunan selatan. Lebar jalan semula adalah $\pm 7,5$ m, terdapat tiga *bollard* yang terpasang sehingga membuat kendaraan roda empat tidak dapat masuk. Namun, *bollard* yang berposisi di tengah sudah tidak lagi terpasang secara permanen, *bollard* pada sisi tengah hanya terpasang pada saat dibutuhkan, misal ketika kegiatan wisata ditutup. Hanya saja dua *bollard* yang berada pada sisi kiri dan kanan masih terpasang dan mengurangi lebar jalan. Kendaraan roda empat masih tetap bisa melalui jalan ini hanya saja jalan menyempit di area yang terpasang *bollard*. Lebar jalan yang terpasang *bollard* adalah $\pm 6,27$ m dalam kondisi *bollard* tengah tidak terpasang. Lebar jalan tersebut masih memenuhi standar untuk dilalui mobil pemadam kebakaran (Gambar 5.26).



Gambar 5.27 Analisa keberadaan *obstacle* 2 (*Bollard*)

Titik *bollard* kedua terpasang di jalan masuk menuju blok massa bangunan sisi utara. Jumlah *bollard* yang terpasang adalah tiga buah. Sama halnya seperti

bollard pada titik pertama, *bollard* yang berposisi di tengah sudah tidak terpasang secara permanen, sehingga kendaraan roda empat tetap bisa masuk, hanya saja jalan menjadi lebih sempit. Lebar jalan semula adalah $\pm 3,2\text{m}$ sebelum berkurang akibat keberadaan *bollard* di sisi kanan dan kiri jalan (Gambar 5.27). Namun, pada kondisi tanpa *bollard* yang terpasang pun akses jalan pada titik ini tetap saja tidak memenuhi standar minimum untuk dapat dilalui oleh mobil pemadam kebakaran.



Gambar 5.28 Analisa keberadaan *obstacle* 4 (*Bollard*)

Titik *bollard* ketiga terpasang di akses masuk ke blok massa bangunan sisi selatan dari arah utara. Enam buah *bollard* terpasang pada titik ini. Jalan tersebut hanya dapat diakses dengan berjalan kaki ataupun kendaraan roda dua. Lebar jalan semula adalah ± 8 meter. Lebar jarak antar *bollard* yang terpasang berkisar dari 0,7-1,3m. Selain itu kondisi jalan masuk juga menurun meskipun tidak curam (Gambar 5.28). Sehingga jalan tersebut tidak dapat diakses oleh mobil pemadam kebakaran.

Selain akses masuk jalan yang harus bebas dari penghalang, juga diperlukan adanya ruang bagi kendaraan pemadam untuk memutar arah. Radius terluar dari belokan pada jalur masuk tidak boleh kurang dari 10,5 m dan harus memenuhi persyaratan (Maulinda dkk., 2018).



Gambar 5.29 Analisa manuver kendaraan pemadam di dalam *site*

Kendaraan pemadam kebakaran ditujukan untuk dapat mencapai seluruh blok massa bangunan yang ada di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean. Akomodasi yang dibutuhkan bukan hanya jalan masuk dan area untuk mobil pemadam parkir, tapi juga ruang untuk bermanuver memutar arah. Lebar radius yang dibutuhkan mobil pemadam untuk berputar arah adalah 10,5m. Jarak ini tidak terpenuhi oleh semua jalan yang ada pada semua blok massa, kecuali blok massa selatan. Namun, meskipun lebar jalan tidak memadai, manuver memutar arah mobil pemadam masih

dapat dilakukan dengan memanfaatkan ruang terbuka pada tiap-tiap blok massa. Pada blok massa bangunan selatan, terdapat dua ruang terbuka yang tersedia, satu berada di depan pusat informasi dan satunya lagi berada di antara makam dan rumah tradisional. Pada blok massa bangunan utara ruang terbuka yang bisa dimanfaatkan sebagai ruang manufer berada di sisi timur, diantara dua rumah dengan lebar 15m. Pada Blok massa bangunan barat ruang terbuka yang bisa dimanfaatkan sebagai ruang manufer berada di area depan rumah adat dengan lebar mencapai 40m (Gambar 5.29).

Berdasarkan data sekunder berupa kajian literatur dan kemudian dianalisis dengan mengamati hasil observasi lapangan dan juga deep interview, selanjutnya dilakukan penilaian skala ordinal pada kualitas sistem proteksi pasif pada aksesibilitas Kampung Hutaraja.

Tabel 5.9 Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel aksesibilitas

Variabel	Indikator	Parameter	Nilai				Hierarki Prioritas Parameter	Nilai Keandalan Parameter Ex	Nilai Keandalan Indikator EX	Nilai Keandalan Variabel EX
			-1	-2	-3	-4		Nilai parameter ex : 4 x Hierarki Prioritas Paramataes		
Aksesibilitas	Pemadam Kebakaran	Waktu tempuh	1				4,46%	1,115%	1,338%	3,78%
		Jumlah armada	1				0,89%	0,223%		
	Kondisi Jalan	Kondisi permukaan jalan			3		1,45%	1,088%	1,718%	
		Topografi			3		0,60%	0,450%		
		Dimensi Jalan			3		0,24%	0,180%		
	Akses di dalam site	Keberadaan Obstacle (portal/gerbang,dll)		2			1,21%	0,605%	0,725%	
		Manuver unit pemadam di dalam site		2			0,24%	0,120%		

Legenda :

- 1- Tidak Ada / Beresiko Sangat Tinggi / Perlu Perbaikan Besar
- 2 - Ada tapi tidak bekerja sesuai standar kelayakan / Beresiko Sedang-Tinggi
- 3- Ada, memenuhi standar, tapi masih dapat ditingkatkan / Beresiko Rendah
- 4- Sangat Baik / Sempurna.

Dari Tabel 5.9 menunjukkan bahwa hasil penilaian berdasarkan observasi dan penilaian narasumber. Pada Indikator pemadam kebakaran, parameter waktu tempuh dan armada pemadam kebakaran yang tersedia dinilai buruk sehingga membutuhkan perbaikan besar jumlah armada dan posnya masih kurang jika dibandingkan dengan luas wilayah yang ditangani, hal tersebut pula yang berimbas pada waktu tempuh yang lama. Pada indikator kondisi jalan, parameter dimensi jalan, topografi, dan konsisi permukaan jalan, ketiganya dinilai memenuhi standar, luasan jalan masih sebanding dengan kepadatan arus lalu-lintas sehingga potensi kemacetannya kecil, topografi relatif datar dan minim kerusakan.

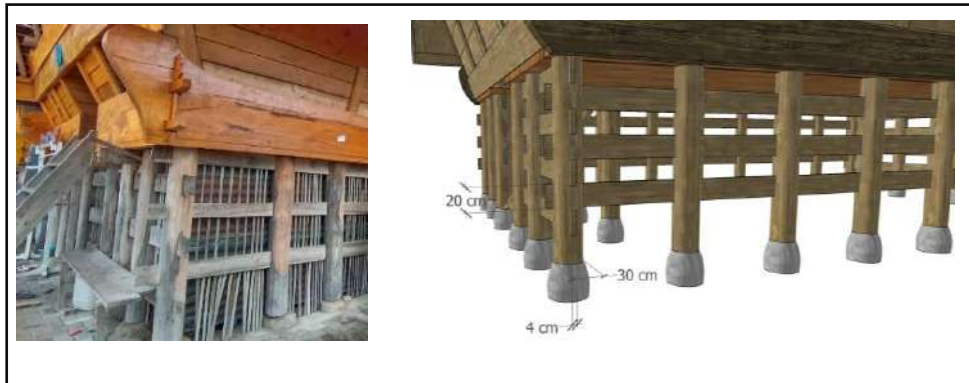
Pada Indikator Akses di dalam *site*, Keberadaan Obstakel (portal/gerbang, dll) dinilai cukup mengganggu akses dalam *site*, terutama dengan adanya bollard yang membuat lebar akses menyempit dan yang seharusnya. Akomodasi manuver pemadam kebakaran dinilai belum bekerja sesuai kelayakan meskipun sudah tersedia, ruang-ruang untuk kendaraan berbalik arah sudah ada namun masih relatif sempit untuk mendukung pergerakan yang cepat dari unit pemadam kebakaran untuk berbalik arah.

5.1.2.3 Struktur Bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

A. Integritas Struktur

Integritas struktur atau kemampuan struktur untuk menahan api berada pada

bagian kolom balok dan rangka atap. Rumah Bolon adalah rumah panggung, dibangun hampir 100% dari bahan bangunan yang terdapat di lokasi (U. Siahaan, 2019). Fisik struktur dapat dinilai integritasnya melalui kepadatan bahan dan ketebalan serta konduktivitas panas (Akimoto dkk., 2007).



Gambar 5.30 Analisa integritas struktur kolom dan balok

Rumah-rumah tradisional Batak Toba di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean tidak memiliki elemen-elemen struktur dengan dimensi yang persis sama. Hal tersebut dikarenakan materialnya bukan berasal dari pabrik melainkan diolah sendiri dari masih berupa pohon. Namun, secara umum rata-rata rumah tradisional di kampung tersebut memiliki dimensi elemen struktur yang tidak jauh berbeda. Pada bagian struktur bawah atau kaki bangunan, kolom yang digunakan adalah kolom kayu berbentuk bulat dengan diameter berkisar $\pm 20\text{-}35$ cm. Antar kolom dihubungkan oleh balok dengan dimensi lebar rata-rata berkisar $\pm 20\text{cm}$ dan tebal ± 4 cm (Gambar 5.30). Seluruhnya merupakan kayu solid dan memiliki ukuran yang cukup tebal hingga sulit untuk ditembus oleh api.



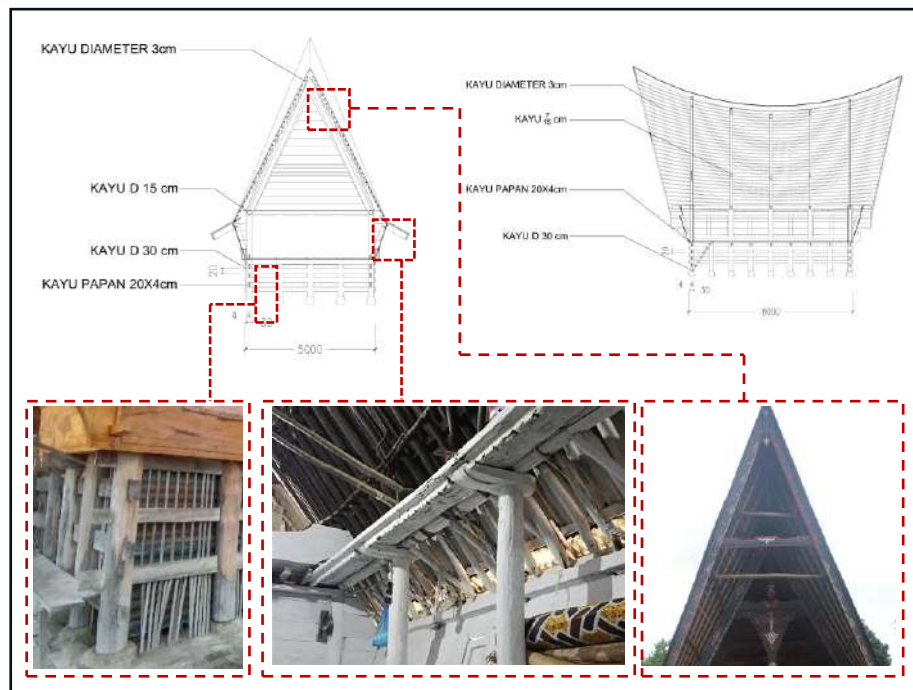
Gambar 5.31 Analisa integritas struktur balok dan rangka atap

Pada bagian struktur tengah, ukuran kolom masih sama dengan kolom pada struktur bawah karena merupakan satu kayu yang menerus, sedangkan dimensi balok berbeda dengan balok pada struktur bawah. Balok pada struktur tengah yang berada pada tepi bangunan berbentuk bulat dengan diameter rata-rata $\pm 15\text{-}20\text{ cm}$. Sedangkan, balok yang melintang pada bagian tengah berbentuk persegi panjang dengan dimensi $\pm 10 \times 20\text{ cm}$ dan merupakan kayu solid. Pada struktur atap, digunakan kuda-kuda kayu dengan ukuran $\pm 10 \times 20\text{ cm}$ dan merupakan kayu solid, kasau kayu bulat diameter $\pm 7,5\text{-}10\text{ cm}$ dan reng dengan diameter $\pm 4\text{-}5\text{ cm}$ dan merupakan kayu solid (Gambar 5.31). Kolom, balok, dan Kuda-kuda atap hingga kasau seluruhnya terdiri dari kayu solid dan berdimensi besar hingga membutuhkan waktu yang lama untuk tertembus api.

B. Stabilitas Struktur

Secara umum, standar ketahanan api suatu komponen struktur mewakili waktu, dalam hitungan menit, sebelum elemen tersebut runtuh akibat deformasi berlebihan yang disebabkan oleh aksi kebakaran sebagai beban tak disengaja (Chorlton & Gales, 2020).

Penilaian subkomponen ketahanan struktur api bangunan dilakukan dengan membandingkan kondisi aktual gedung bangunan dengan kriteria penilaian ketahanan api struktur bangunan dimana pada tingkat tertentu elemen bangunan bisa mempertahankan stabilitas struktur bila terjadi kebakaran (Rusman dkk., 2021). Stabilitas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kondisi pembebanan dan tumpuan, penampang komponen struktur, dan panjang tak tertumpu (SNI 7973, 2013). Elemen struktur yang memiliki permukaan lebar akan menjadi lebih stabil jika dibandingkan dengan elemen struktur yang langsing. Elemen struktur yang langsing dan memiliki ukuran yang lebih panjang mengakibatkan struktur tersebut mengalami puntiran (American Wood Council, 2011 dalam Hayatunnufus dkk., 2022). Pembebanan, tumpuan, serta dimensi elemen struktur menjadi focus dalam pertimbangan stabilitas struktur.



Gambar 5.32 Analisa stabilitas struktur

Pada struktur bawah terdapat dua persambungan, pertama adalah pertemuan kolom dan batu pondasi yang menumpu seluruh beban bangunan, sambungan berbentuk coakan pada batu yang diisi oleh tiang kolom kayu. Kedua adalah sambungan kolom dan balok. Kolom berperan sebagai penumpu beban yang disalurkan oleh balok. Sambungan kolom dan balok pada struktur bawah tidak menggunakan paku, kolom dan balok dihubungkan dengan sistem interlok. Pada sistem sambungan ini, kayu kolom dicoak pada bagian tengah untuk menjadi dudukan balok. Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, kolom kayu berbentuk bulat dengan diameter berkisar $\pm 20\text{-}35$ cm dan balok berbentuk papan dengan dimensi lebar rata-rata berkisar ± 20 cm dan tebal ± 4 cm, dimensi balok lebih kecil dibandingkan dengan dimensi kolom (Gambar 5.32). Sistem interlok sebagaimana yang digunakan melindungi balok pada bagian-bagian yang merupakan simpul dari tumpuan beban bangunan. Balok yang lebih kecil dari kolom membuat balok akan lebih cepat terbakar habis dibandingkan dengan kolom. Namun, dengan sistem interlok yang meletakkan balok pada sisi tengah kolom, membuat stabilitas struktur bertahan lebih lama karena api pada satu bagian balok tidak akan cepat menyebar ke bagian balok lainnya. Api yang menyebar pada sisi balok akan terhalang oleh kolom pada tiap-tiap simpul tumpuan.

Pada struktur tengah, tidak jauh berbeda dengan struktur bawah. Masih terdapat kolom kayu berbentuk bulat dengan diameter berkisar $\pm 20\text{-}35$ cm, balok pada struktur tengah yang berada pada tepi bangunan berbentuk bulat dengan diameter rata-rata $\pm 15\text{-}20$ cm. Sedangkan, balok yang melintang pada bagian tengah berbentuk persegi panjang dengan dimensi $\pm 10 \times 20$ cm. Sistem tumpuan pada

struktur tengah tidak menggunakan sistem interlocking, balok hanya diletakkan diatas kolom. Sehingga tidak ada proteksi lebih pada kolom ataupun balok, hanya saja dimensi elemen-elemen strukturnya yang besar membuat stabilitasnya lebih baik karena mampu bertahan cukup lama saat terbakar api.

Kondisi berbeda terjadi pada struktur atas, yaitu rangka atap. Rangka-rangka atap terdiri dari kayu-kayu yang relatif kecil kecuali pada kuda-kuda. kuda-kuda kayu memiliki ukuran $\pm 10 \times 20 \text{ cm}$, kasau berbentuk bulat dengan diameter $\pm 7,5\text{-}10 \text{ cm}$ dan reng juga berbentuk bulat dengan diameter $\pm 4\text{-}5 \text{ cm}$. Selain itu, sambungan antar elemen struktur juga menggunakan sejenis tali rami. Material tali rami lebih mudah terbakar dibandingkan dengan teksturnya yang terdiri dari serat-serat kecil dan kering. Sehingga simpul-simpul tumpuan rangka atap menjadi lebih rentan terhadap bahaya kebakaran.

C. Konduktivitas Struktur

Konduktivitas adalah kemampuan menghantarkan panas. Pada kayu, ketika suhu naik hingga mencapai suhu kritis, Fluks panas api kemudian menambah sumber panas pada permukaan kayu yang dapat mempercepat proses pembakaran. Konduktivitas termal kayu lunak meningkat lebih cepat dibandingkan kayu keras ketika kadar air meningkat (Shi, 2023). Kadar air pada kayu dapat diindikasikan melalui tingkat kelembaban kayu. Sumber kelembaban kayu pada bangunan dapat berasal dari hujan, kelembaban udara, tanah, kondensasi (pengembunan), dan difusi (penyebaran) (Jeumpa & Hadibroto, 2013).

Pada blok massa bangunan selatan baris paling barat, dapat terlihat hampir seluruh bangunan sudah dilapisi oleh cat (Gambar 5.33). Cat membuat pori kayu lebih tertutup sehingga air tidak mudah masuk dan kadar airnya menjadi lebih rendah. Tiga rumah diambil sebagai sampel. Pada dua sampel elemen struktur kolom dan baloknya dilapisi cat, sedangkan pada satu sampel lainnya yang dilapisi dengan cat hanya kolom. Namun, keseluruhan sampel memiliki kondisi kayu yang keras meskipun posisinya berada dekat dengan permukaan tanah, termasuk pada balok yang tidak dilapisi cat. Kondisi tersebut mengindikasikan tingkat konduktivitas strukturnya rendah. Sedangkan, untuk rangka atap, posisinya yang tertutup oleh penutup atap, letaknya yang berada di atas dan jauh dari sumber kelembaban tanah, serta bentuk atap yang curam sehingga air tidak tertahan di atap dalam waktu yang lama, membuat elemen struktur atap memiliki kelembaban yang rendah sehingga tingkat konduktivitasnya pun rendah.



Gambar 5.34 Analisa konduktivitas struktur bangunan massa balok selatan baris tengah

Pada blok massa bangunan selatan baris tengah, dapat terlihat hampir seluruh bangunan tidak dilapisi oleh cat. Dua sampel bangunan rumah tradisional diambil dari tiga bangunan tradisional yang ada pada baris ini. Material kolom dan balok pada kedua sampel memiliki kayu yang keras dan padat namun lembab pada bagian permukaannya (Gambar 5.34). Kadar air pada elemen kolom dan balok dapat berasal dari hujan ataupun dari tanah. Hal tersebut mengindikasikan adanya kadar air yang cukup tinggi sehingga membuat konduktivitasnya tinggi. Sedangkan untuk elemen atap, tingkat kelembabannya rendah karena posisinya yang jauh dari sumber kelembaban.



Gambar 5.35 Analisa konduktivitas struktur bangunan blok massa selatan baris timur

Pada blok massa bangunan selatan baris paling timur, kondisinya tidak jauh berbeda dari bangunan pada blok massa selatan baris tengah, hampir seluruh bangunan tidak dilapisi oleh cat. Dari dua sampel bangunan yang diambil, kolom

dan baloknya memiliki kayu yang keras dan padat namun lembab pada bagian permukaannya (Gambar 5.35). Hal tersebut akibat tidak adanya lapisan yang menutup pori-pori kayu sehingga air hujan ataupun uap air dari tanah dapat masuk ke kayu. Kondisi lembab pada permukaan kolom dan balok mengindikasikan adanya kadar air yang cukup tinggi sehingga membuat konduktivitasnya juga menjadi tinggi. Pada elemen struktur atap, kelembabannya rendah karena terlindungi dari sumber-sumber kelembaban.



Gambar 5.36 Analisa konduktivitas struktur bangunan blok massa utara

Kondisi tidak jauh berbeda terlihat pada blok massa bangunan sisi utara. Kebanyakan bangunan tradisional tidak dilapisi oleh cat. Tiga sampel bangunan diambil dari blok ini, dua bangunan yang kolom dan baloknya tidak dilapisi cat dan satu bangunan yang kolom dan baloknya dilapisi cat (Gambar 5.36). Kolom dan balok pada bangunan yang tidak dilapisi cat memiliki kondisi permukaan yang lebih

lembab dibandingkan dengan kolom dan balok pada bangunan yang dilapisi cat. Keadaan bangunan pada blok ini yang kebanyakan elemen strukturnya tidak dilapisi cat membuat tingkat konduktivitas rata-rata bangunannya menjadi tinggi. Sedangkan untuk elemen rangka atap, kondisinya tidak berbeda dengan konduktivitas rangka atap pada blok lainnya, yaitu memiliki tingkat konduktivitas yang rendah.



Gambar 5.37 Analisa konduktivitas struktur bangunan blok massa barat

Pada blok massa bangunan sisi barat, seluruh bangunannya tipikal karena keseluruhannya merupakan bangunan tradisional baru yang dibangun bersamaan melalui program PUPR, sehingga hanya diambil satu sampel untuk mewakili tiga bangunan lainnya. Bagian kolom dan balok tampak tidak dilapisi cat (Gambar 5.37). Kondisi permukaan kolom dan balok tidak benar-benar kering namun tingkat kelembababannya tidak setinggi kolom dan balok tanpa cat pada blok lainnya. Hal tersebut mungkin dikarenakan kondisi permukaan tapaknya yang dilapisi

perkerasan sehingga terhindar dari kelembaban yang bersumber dari tanah. Hal tersebut mengindikasikan tingkat konduktivitas yang masih cukup tinggi. Sedangkan untuk elemen atap, kondisi kelembabannya dapat dikatakan sama dengan seluruh elemen atap lainnya. Elemen atap memiliki kelembaban yang rendah karena terhindar dari sumber-sumber penyebab kelembaban seperti posisinya yang jauh dari tanah dan bentuk atapnya yang curam sehingga air hujan tidak tertahan pada atap, sehingga tingkat konduktivitas pun menjadi lebih rendah.

Berdasarkan data sekunder berupa kajian literatur dan kemudian dianalisis dengan mengamati hasil observasi lapangan dan juga deep interview, selanjutnya dilakukan penilaian skala ordinal pada kualitas sistem proteksi pasif pada struktur bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean.

Tabel 5.10 Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel integritas struktur

Variabel	Indikator	Parameter	Nilai				Hierarki Prioritas Parameter	Nilai Keandalan Parameter Ex	Nilai Keandalan Indikator EX	Nilai Keandalan Variabel EX
			-1	-2	-3	-4		Nilai parameter ex : 4 x Hierarki Prioritas Paramataer		
Struktur	Integritas Struktur	Rangka Atap			3		1,45%	1,088%	1,808%	2,94%
		Balok			3		0,48%	0,360%		
		Kolom			3		0,48%	0,360%		
	Stabilitas Struktur	Rangka Atap			3		0,65%	0,488%	0,818%	
		Balok			3		0,22%	0,165%		
		Kolom			3		0,22%	0,165%		
	Konduktivitas Struktur	Rangka Atap			3		0,29%	0,218%	0,318%	
		Balok		2			0,10%	0,050%		
		Kolom		2			0,10%	0,050%		

Legenda :

- 1 - Tidak Ada / Beresiko Sangat Tinggi / Perlu Perbaikan Besar
- 2 - Ada tapi tidak bekerja sesuai standar kelayakan / Beresiko Sedang-Tinggi
- 3 - Ada, memenuhi standar, tapi masih dapat ditingkatkan / Beresiko Rendah
- 4 - Sangat Baik / Sempurna.

Dari Tabel 5.10 menunjukkan bahwa hasil penilaian berdasarkan observasi dan penilaian narasumber. Pada indikator integritas struktur, nilai integritas kolom, balok, dan rangka atap adalah baik. Ketahanan integritas struktur terhadap kebakaran cukup tinggi sehingga resiko yang disebabkan adalah rendah. Dimensi elemen-elemen struktur yang relatif besar berbanding lurus dengan nilai integritas strukturnya. Begitupun integritas struktur rumah tradisional yang dimaksud masih berpotensi untuk ditingkatkan lagi untuk mencapai tingkat ketahanan yang sangat baik. Pada indikator stabilitas struktur kolom, balok maupun rangka atap, ahli menilai kondisinya baik. Optimalisasi juga masih mungkin untuk dilakukan agar stabilitas strukturnya mencapai tingkat sangat baik.

Pada indikator konduktifitas, atap dinilai memiliki tingkat resiko sedang hingga tinggi, sedangkan kolom dan balok memiliki tingkat resiko rendah. Hal ini dipengaruhi ketebalan elemennya. Semakin tebal dan solid elemen maka panas membutuhkan waktu rambat yang lebih lama. Meskipun kesemua elemen struktur berbahan kayu. Kolom dan balok memiliki ketebalan yang lebih jika dibandingkan dengan atap, sehingga kolom dan balok memiliki konduktivitas yang lebih rendah.

5.1.2.4 Material Bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Material bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean hampir seluruh bagiannya menggunakan kayu. Masyarakat bergotong royong menebang pohon dari hutan untuk kemudian diolah menjadi material rumah. Kayu yang digunakan tidak dapat sembarangan, harus kayu dengan jenis dan ukuran tertentu. Hal inilah yang membuat proses pembuatan rumah tradisional Batak Toba membutuhkan

waktu, tenaga, dan modal yang tidak sedikit.

"Kayu pardindingan (sulit dicari). Tidak bisa kayu sembarangan, karena bisa retak. Kayu yang digunakan mis: kayu Nangka. Diameter harus min, 1,2m Panjang 8,5"

(Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan).

"Ukuran rumah adat beda-beda. Karena rumah dibangun sesuai kemampuan. Kemiringan atap berbeda-beda. Karena semua langsung buat, Jendela tidak ada aturan. Pada bentuk asilnya, walaupun tidak ada jendela, kayu dinding bisa dibongkar-pasang seperti pengganti jendela."

(Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan).

"Rumah adat sekarang atapnya sudah diperbarui dari ijuk menjadi sirap kayu pada tahun 2020 oleh PUPR."

(Kepala Desa Hutabolon).

Pada kondisi orisinil, atap rumah tradisional Batak Toba menggunakan ijuk, seiring perkembangan zaman, masyarakat beralih menggunakan atap seng. Namun, saat ini, setelah mengalami renovasi oleh PUPR tahun 2020, seluruh atap rumah tradisional yang ada di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamena sudah menggunakan sirap yang dilapisi dengan cat hitam agar secara warna tampilannya mendekati atap ijuk.

A. Flamabilitas Material

Flamabilitas adalah waktu penyalaan api. Waktu penyalaan api dapat dipengaruhi oleh faktor kadar air. Waktu penyalaan api pada kayu basah lebih lama dibandingkan kayu kering, kayu basah juga membutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk terbakar jika dibandingkan kayu kering (Shi, 2023). Selain kadar air, lapisan tahan api juga dapat memperlambat waktu penyalaan api atau flamabilitas (Lee dkk., 2019).



Gambar 5.38 Analisa flamabilitas material bangunan massa blok selatan baris barat

Pada blok massa bangunan selatan baris paling barat, hampir seluruh bangunan sudah dilapisi oleh cat atau vernis (Gambar 5.38). Zat pelapis menutup pori dan mengurangi porositas pada permukaan kayu. Tiga rumah diambil sebagai

sampel. Satu rumah menggunakan vernis, satu rumah dengan kondisi cat yang sudah memudar dan satu rumah dengan cat yang masih cukup baru. Kondisi elemen dinding, pada ketiganya berbeda-beda, dinding paling lembab ada pada rumah yang kondisi catnya sudah memudar. Dinding pada rumah yang divernish dan dinding pada rumah yang lapisan catnya masih baik relatif kering. Atap seluruh bangunan rumah adat sudah menggunakan sirap, seluruh sirap sudah dilapisi dengan cat, sehingga daya serap airnya sudah jauh berkurang atau bahkan tidak ada.



Gambar 5.39 Analisa flamabilitas material lantai bangunan massa blok selatan baris barat

Tiga sampel lantai ruang utama diambil dari dua rumah yang berbeda (Gambar 5.39). Secara umum kondisi lantai tiap-tiap rumah tidak jauh berbeda. Lantainya berupa kayu panan dengan dimensi lebar 20-30cm dan tebal 4-5cm. Kondisi permukaannya hanya diperhalus tanpa menggunakan lapisan cat ataupun vernish, beberapa rumah menggunakan penutup lantai tambahan berupa karpet berbahan dasar plastik. Permukaan kayu terasa dingin cenderung lembab.

Lembabnya material lantai dipengaruhi oleh kelembaban yang datang dari tanah. Jumlah bukaan yang sedikit dan dimensinya yang kecil membuat lantai hanya sedikit menerima paparan sinar matahari sehingga membuatnya semakin lembab. Pada lantai yang tertutup karpet, kondisi kayu bahkan lebih lembab lagi. Hal tersebut dikarenakan kadar air pada kayu tidak dapat menguap karena permukaan kayu yang tertutup karpet.



Gambar 5.40 Analisa flamabilitas material lantai dapur bangunan massa blok selatan baris barat

Sama halnya dengan material kayu lantai ruang utama, material kayu lantai dapur juga tidak diberi pelapis, namun tingkat kelembaban material lantai ruang utama dan dapur sering kali berbeda. Tiga sampel lantai dapur yang diambil dari tiga rumah yang berbeda memperlihatkan kondisi lantai dapur yang tampak berwarna lebih gelap jika dibandingkan dengan lantai ruang utama. Material kayu pada lantai dapur lebih lembab (Gambar 5.40). Terdapat bercak-bercak hitam berupa jamur pada lantai. Jamur tumbuh pada area lembab dan mengeluarkan spora yang dapat ditandai dengan adanya noda hitam di sekitar rumah,

menggelembungnya cat dinding serta terciumnya bau jamur di dalam rumah. Noda-noda hitam sering kali muncul di dinding, lantai, langit-langit (Zettira & Yudhastuti, 2022). Sehingga dapat dikatakan adanya jamur mengindikasikan tingginya kelembaban atau tingkat kadar air pada material kayu lantai dapur jika dibandingkan dengan material kayu pada lantai ruang utama.



Gambar 5.41 Analisa flamabilitas material bangunan massa blok selatan baris tengah

Pada blok massa bangunan selatan baris tengah, hampir seluruh bagian dari tiga bangunan adat yang ada tidak dilapisi oleh cat. Lapisan cat hanya ada pada pintu dan jendela (Gambar 5.41). Pada material dinding terlihat bercak-bercak hitam berupa jamur yang mengindikasikan tingginya kadar air. Material penutup atapnya merupakan atap sirap kayu yang sudah dilapisi oleh cat berwarna hitam. Material lantainya tidak berbeda dengan kondisi yang ada pada Gambar 5.39 dan

5.40. Seluruh material lantai tidak dilapisi cat dan kondisinya lembab.



Gambar 5.42 Analisa flamabilitas material bangunan massa blok selatan baris timur

Pada blok massa bangunan selatan baris paling timur, hampir seluruh bagian dari tiga sampel bangunan tradisional yang diambil tidak dilapisi oleh cat. Lapisan cat hanya ada pada pintu dan jendela (Gambar 5.42). Satu bangunan adalah bangunan rumah tradisional baru. Material dinding terlihat lembab kecuali material dinding pada bangunan rumah tradisional baru yang terlihat kering dengan warna terang. Namun, bercak-bercak hitam berupa jamur yang mengindikasikan tingginya kadar air, terlihat pada semua bangunan baik bangunan lama ataupun bangunan baru. Material penutup atapnya juga merupakan atap sirap kayu yang sudah dilapisi oleh cat berwarna hitam. Material lantainya tidak berbeda dengan kondisi yang ada pada gambar 5.39 dan 5.40. Seluruh material lantai tidak dilapisi cat dan kondisinya

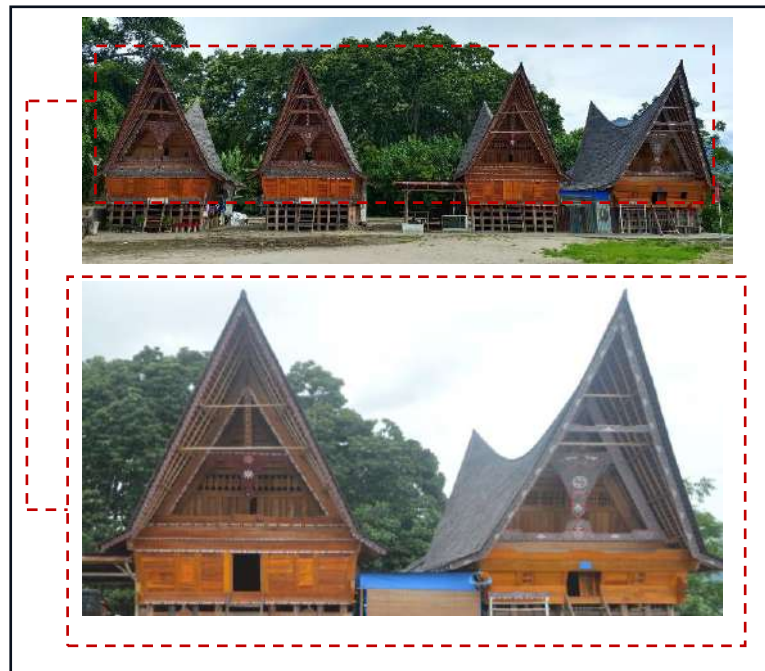
lembab akibat kurang terpapar panas dari sinar matahari.



Gambar 5.43 Analisa flamabilitas material bangunan massa blok utara

Pada blok massa bangunan utara, kebanyakan bangunan tidak dilapisi dengan cat ataupun vernish, kecuali pada bagian atap sirap di seluruh bangunan. Tiga bangunan rumah tradisional diambil sebagai sampel dari tujuh bangunan rumah tradisional yang ada, dua bangunan merupakan bangunan yang material dindingnya tidak cat dan satu bangunan merupakan bangunan yang material dindingnya dilapisi cat. Dari dua bangunan tanpa lapisan cat, satu bangunan memiliki material kayu dinding yang sebagiannya terlihat baru dan kondisinya kering dengan warna terang, satu bangunan memiliki material kayu yang seluruhnya terlihat berwarna gelap (Gambar 5.43). Bercak-bercak hitam berupa jamur yang mengindikasikan tingginya kadar air terlihat pada dua bangunan yang material kayunya tidak dilapisi cat. Tidak berbeda dengan rumah-rumah tradisional lainnya di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, seluruh material penutup atap pada

blok massa ini juga merupakan atap sirap kayu yang sudah dilapisi oleh cat berwarna hitam. Begitupula dengan material lantainya yang juga tidak berbeda dengan kondisi yang ada pada Gambar 5.39 dan 5.40. Seluruh material lantai tidak dilapisi cat dan kondisinya lembab dan dingin yang mengindikasikan tingginya kadar air.



Gambar 5.44 Analisa flamabilitas material bangunan massa blok barat

Pada blok massa bangunan sisi barat, seluruh bangunannya relatif tipikal hanya berbeda pada beberapa elemen arsitektural fasad karena keseluruhannya merupakan bangunan tradisional baru yang dibangun bersamaan melalui program PUPR. Dua sampel diambil untuk mewakili dua bangunan lainnya. Material dinding kayu tampak dilapisi vernish. Terdapat noda-noda hitam pada beberapa bagian papan kayu (Gambar 5.44). Noda-noda hitam tersebut adalah jamur yang menandakan tingginya kelembaban atau kadar air pada material kayu dinding. Pada

material penutup atap, tidak berbeda dengan rumah-rumah pada blok-blok lainnya. Penutup atapnya menggunakan sirap kayu yang sudah dilapisi cat hitam. Tidak terlihat tanda-tanda lembab pada material penutup atap. Sedangkan, pada material lantai kondisinya cukup berbeda.



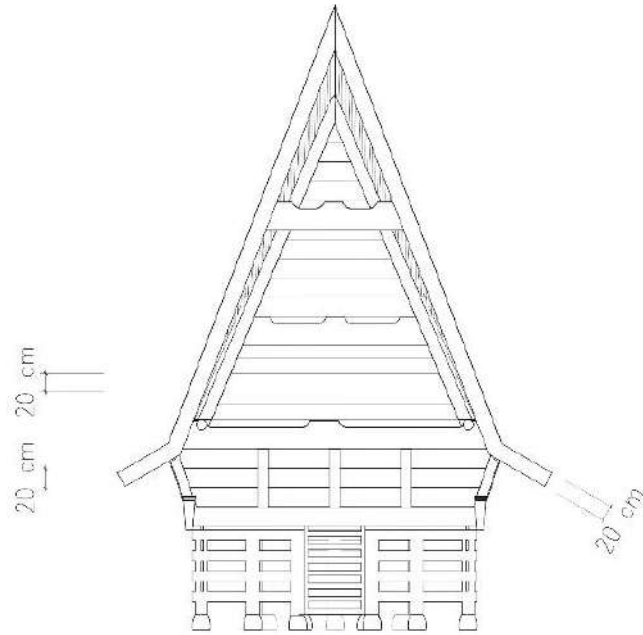
Gambar 5.45 Analisa flamabilitas material lantai bangunan massa blok selatan baris barat

Bangunan pada blok ini dapat dikatakan masih cukup baru. Kayu-Kayu lantai tidak dalam kondisi dicat namun permukaannya sudah dihaluskan sehingga tidak ada serat-serat pada permukaannya (Gambar 5.45). Tidak ditemukan noda jamur yang mengindikasikan lembab meskipun suhu permukaannya relatif dingin. Selain itu, bagian ekstensi sudah tidak menggunakan material kayu pada dinding dan lantainya. Dindingnya menggunakan bata dan lantainya dilapisi keramik, material tersebut flamabilitasnya jelas lebih rendah dibandingkan dengan kayu.

B. Perambatan Material

Perambatan adalah laju pembakaran kayu. Kayu tanpa pelapis dan kayu dengann pelapis anti api memiliki waktu perambatan yang berbeda (Xu dkk., 2016). Selain itu, dimensi material juga berpengaruh pada kecepatan rata-rata penghangusan kayu. Laju penghangusan atau perambatan api pada kayu di

permukaan berbeda dengan di kedalaman. Perbedaan perambatan mulai terjadi pada kedalaman 30mm dari permukaan. Setelah mencapai kedalaman 30mm, laju perambatan api akan melambat. (Polishchuk dkk., 2018).



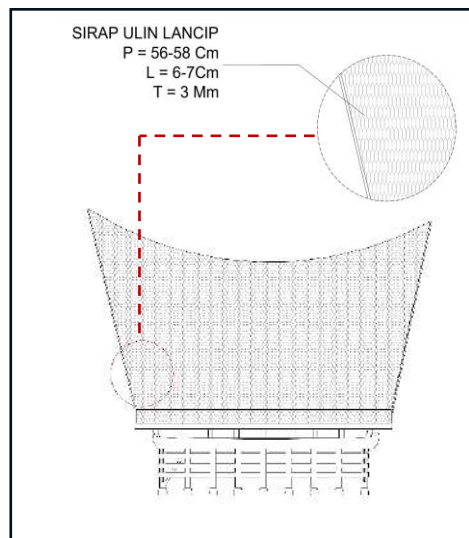
Gambar 5.46 Analisa perambatan material dinding

Pada bagian dinding, kebanyakan material kayu yang digunakan tidak dilapisi cat ataupun vernish (Gambar 5.38; Gambar 5.41; Gambar 5.42; Gambar 5.43; Gambar 5.44). Material dinding menggunakan kayu papan berukuran lebar 20-25 cm dengan tebal 4-5cm (Gambar 5.46). Tebal terdalam dari permukaan hanya berkisar 20-25mm, maka tidak terjadi penurunan laju perambatan.



Gambar 5.47 Analisa perambatan material lantai

Pada bagian lantai, kebanyakan material kayu yang digunakan tidak dilapisi cat ataupun vernish permukaan lantai hanya dihaluskan hingga tidak ada lagi serat-serat kasar pada permukaanya (Gambar 5.39; Gambar 5.40). Tidak berbeda dengan dinding, lantai pada rumah tradisonal di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean juga menggunakan material kayu papan berukuran lebar 20-25 cm dengan tebal 4-5cm (Gambar 5.47). Tebal terdalam dari permukaan hanya berkisar 20-25mm, maka tidak terjadi penurunan laju perambatan.



Gambar 5.48 Analisa perambatan material atap

Pada bagian atap, seluruh bangunan menggunakan material yang sama (Gambar 5.38; Gambar 5.41; Gambar 5.42; Gambar 5.43; Gambar 5.44). Material yang digunakan adalah sirap kayu ulin lancip dengan dimensi panjang 56-58 cm, lebar 6-7 cm, dan tebal 3mm dengan dilapisi cat berwarna hitam (Gambar 5.48). Tebal terdalam dari permukaan material penutup atap adalah 1,5mm, sehingga tidak terjadi perlambatan laju perambatan pembakaran pada material penutup atap.

C. Resistensi Material

Resistensi kayu, yaitu kemampuan kayu menahan laju pembakaran kayu, ditemukan bahwa bahan penghambat api pada kayu mempengaruhi laju pembakaran kayu dengan memperlambat penyalaan dan penyebaran api, serta mengurangi pelepasan panas (Östman dkk., 2001; Hagen dkk., 2009). Penghambat api bekerja dengan mengurangi porositas pada kayu, porositas yang lebih rendah memiliki kepadatan yang lebih tinggi, sehingga penyalaan terhambat (Lublóy dkk., 2021).

Material-material bangunan baik lantai, dinding, dan atap tidak ada yang mendapat perlakuan khusus anti api. Perlindungan material hanya pada bagian permukaan menggunakan cat ataupun vernish. Pada bagian dinding, kebanyakan material kayu yang digunakan tidak dilapisi cat ataupun vernish. Material kayu dinding yang dilapisi vernish atau cat hanya banyak ditemukan pada rumah-rumah yang berada di blok massa bangunan sisi selatan baris paling barat (Gambar 5.37), sedangkan pada blok massa bangunan lainnya, hanya beberapa bangunan yang menggunakan pelapis cat atau vernish (Gambar 5.40; Gambar 5.41; Gambar 5.42; Gambar 5.43). Pada bagian lantai, kebanyakan material kayu yang digunakan tidak dilapisi cat ataupun vernish permukaan lantai hanya dihaluskan hingga tidak ada lagi serat-serat kasar pada permukaanya (Gambar 5.39; Gambar 5.40). Pada bagian atap, seluruh bangunan menggunakan material yang sama (Gambar 5.38; Gambar 5.41; Gambar 5.42; Gambar 5.43; Gambar 5.44). Material penutup atap hanya dilapisi cat kayu berwarna hitam. Dilihat dari skala mikro, pelapisan pengecatan menutup pori-pori yang terdapat pada permukaan material (Aryswan dkk., 2019). Cat dapat mengurangi porositas material namun hanya pada bagian permukaan, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara rata-rata resistensi material material atap sedikit lebih baik dibandingkan dengan resistensi material dinding dan lantai.

D. Konduktivitas Material

Konduktivitas material adalah kemampuan material menghantarkan panas. Sama halnya dengan sifat flamabilitas material, konduktivitas material juga dipengaruhi oleh kadar air pada meterial, hanya saja kadar air memberikan efek sebaliknya pada konduktivitas material. Konduktivitas termal kayu lunak atau kayu

yang memiliki kadar air lebih tinggi suhunya meningkat lebih cepat dibandingkan kayu keras (Shi, 2023). Pelapisan pengecatan menutup pori-pori yang terdapat pada permukaan material (Aryswan dkk., 2019). Pori-pori yang tertutup atau mengecil membuat kadar air yang masuk menjadi lebih rendah.

Pada bagian dinding, material kayu yang dilapisi vernish atau cat hanya banyak ditemukan pada rumah-rumah yang berada di blok massa bangunan sisi selatan baris paling barat (Gambar 5.38), sedangkan pada blok massa bangunan lainnya, hanya beberapa bangunan yang menggunakan pelapis cat atau vernish (Gambar 5.41; Gambar 5.42; Gambar 5.43; Gambar 5.44). Secara keseluruhan kondisi permukaan material dinding dapat di kelompokkan dalam tiga tingkat, pertama bangunan yang sudah dilapisi dengan kondisi cat atau vernish masih baik, kedua bangunan yang sudah dicat atau vernish namun kondisinya sudah memudar, ketiga kondisi elemen dinding tanpa cat ataupun vernish. Kondisi pada ketiganya berbeda-beda. Dinding paling lembab ada pada rumah tanpa pelapis, kemudian rumah yang kondisi catnya sudah memudar, dan yang kadar airnya paling sedikit atau paling kering adalah bangunan yang kondisi cat atau vernishnya masih baik. Pada kondisi eksisting, rumah-rumah tradisional yang ada di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean di dominasi oleh rumah-rumah yang dindingnya tidak dilapisi cat ataupun vernish. Sehingga dapat disimpulkan tingkat konduktivitas material dindingnya.

Pada bagian lantai, kebanyakan material kayu yang digunakan pada semua rumah tidak dilapisi cat ataupun vernish di bagian permukaannya. Material lantai hanya dihaluskan hingga tidak ada lagi serat-serat kasar pada bagian permukaannya,

beberapa rumah menggunakan penutup lantai tambahan berupa karpet berbahan dasar plastik. (Gambar 5.38; Gambar 5.39). Pada ruang utama, permukaan lantai kayu terasa dingin cenderung lembab. Pada lantai yang tertutup karpet, kondisi kayu bahkan lebih lembab lagi. Hal tersebut dikarenakan kadar air pada kayu tidak dapat menguap karena permukaan kayu yang tertutup karpet. Pada lantai di ruang dapur, banyak ditemukan bercak-bercak hitam. Bercak-bercak tersebut berupa jamur pada lantai. Adanya jamur mengindikasikan tingginya kelembaban atau tingkat kadar air pada material kayu. Sehingga dapat dikatakan tingkat konduktivitas material kayu lantai cukup tinggi terutama pada bagian ruang dapur.

Pada awalnya bangunan rumah-rumah adat di Kampung Ulos-Hutaraja Pardamean adalah seng. Setelah adanya pemugaran oleh PUPR pada tahun 2020, semua rumah adat pada kampung tersebut menggunakan atap sirap yang dilapisi cat kayu berwarna hitam (Gambar 5.38; Gambar 5.41; Gambar 5.42; Gambar 5.43; Gambar 5.44). Pelapisan pengecatan menutup pori-pori yang terdapat pada permukaan material (Aryswan dkk., 2019). Pori-pori yang tertutup membuat daya serap material terhadap air menjadi berkurang atau bahkan tidak ada sama sekali. Sehingga, tingkat kelembaban atau kadar air menjadi rendah begitu pula tingkat konduktivitasnya.

Berdasarkan data sekunder berupa kajian literatur dan kemudian dianalisis dengan mengamati hasil observasi lapangan dan juga deep interview, selanjutnya dilakukan penilaian skala ordinal pada kualitas sistem proteksi pasif pada Variabel Material bangunan Kampung Hutaraja.

Tabel 5.11 Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel material bangunan

Variabel	Indikator	Parameter	Nilai				Hierarki Prioritas Parameter	Nilai Keandalan Parameter Ex	Nilai Keandalan Indikator EX	Nilai Keandalan Variabel EX
			1	2	3	4		Nilai parameter ex : 4 x Hierarki Prioritas Paramataer		
Material	Flamabilitas Material	Atap			3		12,95%	9,713%	14,033%	26,97%
		Lantai		2			4,32%	2,160%		
		Dinding		2			4,32%	2,160%		
	Perambatan Material	Atap			3		6,00%	4,500%	6,500%	
		Lantai		2			2,00%	1,000%		
		Dinding		2			2,00%	1,000%		
	Resistensi Material	Atap			3		3,39%	2,543%	3,673%	
		Lantai		2			1,13%	0,565%		
		Dinding		2			1,13%	0,565%		
	Konduktifitas Material	Atap			3		2,55%	1,913%	2,763%	
		Lantai		2			0,85%	0,425%		
		Dinding		2			0,85%	0,425%		

Legenda :

- 1 - Tidak Ada / Beresiko Sangat Tinggi / Perlu Perbaikan Besar
- 2 - Ada tapi tidak bekerja sesuai standar kelayakan / Beresiko Sedang-Tinggi
- 3 - Ada, memenuhi standar, tapi masih dapat ditingkatkan / Beresiko Rendah
- 4 - Sangat Baik / Sempurna.

Dari Tabel 2.11 menunjukkan bahwa hasil penilaian berdasarkan observasi dan penilaian narasumber. Pada semua indikator baik baik flamabilitas, perambatan, resistensi maupun konduktivitas, struktur kolom dan balok selalu mendapat nilai berisiko rendah. Sedangkan untuk material rangka atap mendapat nilai berisiko tinggi.

5.1.2.5 Tata Ruang Bangunan di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

A. Instalasi Listrik

Salah satu penyebab kebakaran antara lain dampak penggunaan energi seperti listrik, bahan bakar, tabung oksigen, bahan kimia atau lainnya. Inilah yang dapat berpotensi terjadinya bahaya kebakaran (Kowara & Martiana, 2017). Instalasi listrik harus disusun sedemikian untuk meminimalkan risiko kerusakan atau tersulutnya bahan yang mudah terbakar karena tingginya suhu atau

busur api listrik. Luas penampang sirkit akhir minimum terutama untuk instalasi perumahan dan sejenis untuk beberapa peralatan/gawai, yaitu luas penampang kabel untuk pencahayaan adalah 1,5 mm² dan luas penampang kabel untuk titik stop kontak dan saklar adalah 2,5 mm² (PUIL, 2011). Namun, tidak cukup hanya kabel, instalas saklar atau stop kontak yang tidak terpasang sempurna sehingga menggantung; tidak menggunakan pipa PVC maupun klem untuk peletakan kabel memperbesar resiko kerusakan isolasi (Yuniarti dkk., 2018)

"Listrik masing2 rumah bervariasi ada 900 ada 1300. Semua sistem dari bawah tanah sehingga tidak mengganggu tampilan."

(Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan).

"Listrik rumah-rumah di huta rata-rata 900, dulunya 450 tapi sekarang sudah tidak cukup lagi. Karna rata-rata masyarakat sudah menggunakan kulkas, dispenser,dll."

(Kepala Desa Hutabolon).

Berbanding terbalik dengan kondisi eksterior lingkungannya yang bebas kabel listrik. Kondisi dalam rumah justru sebaliknya. Instalasi listrik terlihat tidak tertata. Listrik yang umumnya ada di rumah-rumah memiliki daya berkisar dari 900-1300 karena barang elektronik yang digunakan sudah bertambah. Namun, sayangnya penambahan daya listrik ini tidak dibarengi dengan perbaikan instalasi listrik di dalam rumah.



Gambar 5.49 Analisa instalasi listrik

Secara umum kondisi instalasi kabel listrik di dalam rumah-rumah tradisional tidak jauh berbeda. Dari tiga sampel yang diambil seluruhnya menggunakan jenis kabel listrik serabut 2x23x0.14 (Gambar 5.49). Tidak terlihat adanya kabel yang dilapisi pipa conduit, hal ini berbahaya jika terjadi panas berlebih, kabel yang meleleh dapat menyentuh benda mudah terbakar lebih cepat dan menimbulkan api. Stop kontak penyambung yang dipasangkan kepada titik stop kontak penyambung lainnya juga masih ditemukan, kondisi ini berbahaya karena menimbulkan beban berlebih pada kabel. Berdasarkan hasil analisa tersebut dapat disimpulkan kondisi instalasi listriknya masih beresiko sedang hingga tinggi.

B. Susunan Ruang

Memasak masih bertanggung jawab atas sekitar 50% dan Kebakaran sering bermula dari sumber api kecil yang menyulut furnitur yang mudah terbakar, (Troitzsch, 2016). Tindakan pencegahan kebakaran dapat dilakukan dengan menghindari penumpukan barang mudah terbakar di dalam ruangan dan

menjauhkan benda-benda tersebut dari sumber api seperti, lilin, dan tempat puntung rokok (Rahadi dkk., 2023). Pemisahan dapur dengan ruang yang berisi banyak benda mudah terbakar membuat tingkat keamanan kebakaran yang lebih baik dari pada penggabungan fungsi kedua ruang tersebut (Tugnoli dkk., 2008).

"Rumah batak biasanya pemicu terbesar adalah kegiatan memasak, pada rumah model lama yang tungkunya berada di tengah rumah. Listrik justru jarang. Jika listrik umumnya karena kabel panas dan mulai terbakar kemudian terkena barang-barang mudah terbakar."

(Petugas pemadam kebakaran).

"Kebanyakan kasus kebakaran disebabkan kegiatan memasak, dengan kayu bakar, oleh anak-anak."

(Sekretaris Satpol PP).

"Kegiatan memasak masyarakat sekarang sudah jarang pakai kayu, lebih sering menggunakan gas."

(Kepala Desa Hutabolon).

Pada kasus kebakaran Permukiman Tradisional Batak Toba , pemicunya sering kali karena kegiatan memasak. Pemilik rumah lalai dalam mengawasi api yang kemudian menyerbar yang kemudian menyebabkan kebakaran. Hal ini bahkan menjadi lebih beresiko jika konfigurasi rumah masih merupakan konfigurasi orisinil. Pada bentuk aslinya, rumah tradisional Batak Toba memiliki 4 ruang didalam bangunannya yaitu untuk beristirahat tanpa sekat, dan ditengah terdapat

tungku untuk memasak dan menghangatkan tubuh (Rajamarpodang,1992).

”Kalau sekarang orang memasak sudah tidak di dalam rumah adat, sudah di bagian rumah ekstensi. Sekarang rumah adat sudah dilengkapi dengan bangunan ekstensi untuk membuat kamar mandi. Kalau dulu tanpa kamar mandi, sumber airnya dari mual (sumber mata air) yang digali warga sedalam setengah meter. Selain itu juga untuk dapur dan meletakkan barang-barang elektronik.”
(Warga Lokal).

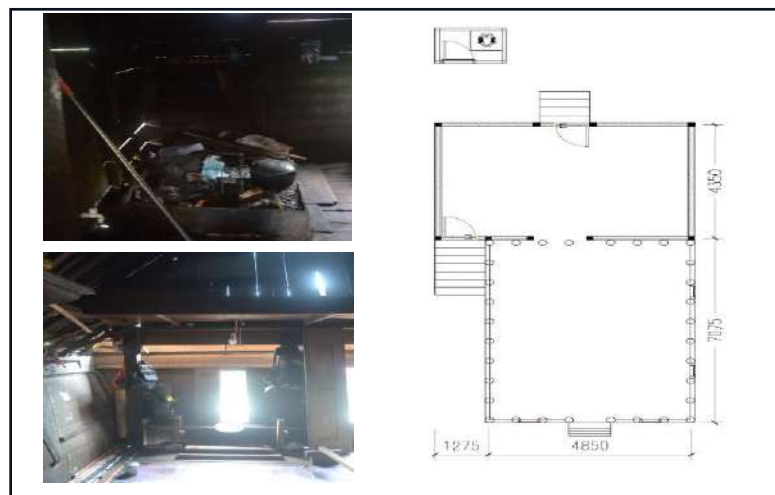
”Pada rumah adat yang dibangun baru oleh PUPR, terdapat sisi ekstensi bangunan di belakang rumah adat berupa bangunan berdinding bata dengan dua kamar dan dua kamar mandi.”
(Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan).

Saat ini, hampir seluruh rumah tradisional Batak Toba sudah ditambahkan dengan bangunan ekstensi pada sisi belakang. Ruang pada bagian ekstensi umumnya dipakai sebagai dapur dan kamar mandi. Maka, kegiatan memasak sudah dilakukan di ruang terpisah dengan kegiatan lainnya.



Gambar 5.50 Analisa susunan ruang sampel rumah 1

Tiga rumah diambil sebagai sampel yang mewakili konfigurasi rumah tradisional yang ada saat ini. Pada sampel pertama rumah terdiri dari tiga ruang, ruang utama merupakan bangunan asli, ruang kedua pada sisi belakang digunakan sebagai dapur, ruang ketiga menempel dengan bangunan utama namun aksesnya berada di area luar berfungsi sebagai kamar mandi. Ruang dapur yang merupakan ruang yang rawan kebakaran letaknya sudah terpisah dari ruang lainnya. Kepadatan ruang pada area dapur relatif tinggi dikarenakan banyaknya jumlah perabot, sedangkan pada ruang utama kepadatan ruang relatif sedang (Gambar 5.50).



Gambar 5.51 Analisa susunan ruang sampel rumah 2

Pada sampel kedua, rumah terdiri dari tiga ruang, ruang utama merupakan bangunan asli, ruang kedua pada sisi belakang digunakan sebagai dapur, ruang ketiga yang juga terletak di sisi belakang berfungsi sebagai kamar mandi. Kamar mandi terpisah dari bangunan utama. Ruang dapur berada terpisah dari ruang ruang utama namun masih dalam satu massa bangunan. Kepadatan ruang pada area dapur relatif sedang, jumlah perabot sedikit, namun ukurannya memenuhi ruang . Ruang utama memiliki kepadatan tinggi, banyak ditemukan perabot dalam ukuran besar

seperti alat tenun, selain itu benda-benda di dalamnya juga tidak terurus dengan baik. Banyak benda-benda mudah terbakar, utamanya berbahan tekstil yang terletak di berbagai sudut ruangan bahkan berdekatan dengan kabel listrik. Hal ini beresiko karena jika muncul percikan api, benda-benda tersebut akan mudah tersulut, letaknya yang berpecah membuat upaya menjauhkannya dari jangkauan api menjadi semakin sulit (Gambar 5.51).



Gambar 5.52 Analisa susunan ruang sampel rumah 3

Pada sampel ketiga, rumah terdiri dari tiga ruang, ruang utama merupakan bangunan asli, ruang kedua pada sisi belakang digunakan sebagai dapur, ruang ketiga yang juga terletak di sisi belakang berfungsi sebagai kamar mandi. Ruang dapur berada di dekat kamar mandi dan terpisah dari ruang ruang utama. Kepadatan ruang pada area dapur relatif sedang, jumlah perabot cukup banyak namun tersusun dengan baik. Ruang utama memiliki kepadatan ruang relatif sedang, tidak banyak ditemukan perabot dalam ukuran besar, namun benda-benda di dalamnya tidak

terususun dengan baik. Banyak benda-benda mudah terbakar, utamanya berbahan tekstil yang terletak di berbagai sudut ruangan. Hal ini beresiko karena jika muncul percikan api, benda-benda tersebut akan mudah tersulut dan ikut terbakar, letaknya yang berpencar membuat upaya menjauhkannya dari sumber api menjadi lebih sulit karna tidak dapat dilakukan dalam sekali pengangkutan (Gambar 5.52).

Berdasarkan tiga sampel tersebut dapat disimpulkan posisi ruang sudah cukup baik. Dapur sebagai ruang yang kerap kali menjadi sumber kebakaran letaknya sudah terpisah dari ruang yang berisikan perabot mudah terbakar. Namun, kepadatan ruang dalam masih dalam kondisi berisiko sedang hingga tinggi. Tidak banyak ditemukan perabot berukuran besar, namun benda-benda kecil seperti pakaian, alas tidur, rak, tas, dll tata letaknya tidak teratur dan memenuhi setiap sudut-sudut ruangan.

Berdasarkan data sekunder berupa kajian literatur dan kemudian dianalisis dengan mengamati hasil observasi lapangan dan juga deep interview, selanjutnya dilakukan penilaian skala ordinal pada kualitas sistem proteksi pasif pada Variabel Tata Ruang Bangunan Kampung Hutaraja.

Tabel 5.12 Nilai kualitas proteksi pasif pada variabel tata ruang

Variabel	Indikator	Parameter	Nilai				Hierarki Prioritas Parameter	Nilai Keandalan Parameter Ex	Nilai Keandalan Indikator EX	Nilai Keandalan Variabel EX
			-1	-2	-3	-4		Nilai parameter ex : 4 x Hierarki Prioritas Paramataer		
Tata Ruang	Instalasi Listrik	Distribusi Jaringan	2				20,24%	10,260%	12,315%	15,65%
		Beban Penggunaan	2				4,06%	2,055%		
	Susunan Ruang	Kepadatan Ruang	2				5,06%	2,565%	3,338%	
		Revisi Ruang		3			1,01%	0,773%		

Legenda :

- 1 - Tidak Ada / Beresiko Sangat Tinggi / Perlu Perbaikan Besar
- 2 - Ada tapi tidak bekerja sesuai standar kelayakan / Beresiko Sedang-Tinggi

3 - Ada, memenuhi standar, tapi masih dapat ditingkatkan / Beresiko Rendah

4 - Sangat Baik / Sempurna.

Dari Tabel 5.12 menunjukkan bahwa hasil penilaian berdasarkan observasi dan penilaian narasumber. Pada Indikator instalasi listrik, parameter distribusi jaringan dinilai beresiko sedang-tinggi. Distribusi jaringan dalam rumah masih dalam kondisi berantakan, banyak ditemukan kabel menggantung disembarang tempat dan tanpa dilapisi lagi dengan pipa conduit. Pada parameter beban penggunaan juga diberi nilai beresiko sedang-tinggi, hal ini dikarenakan banyaknya penggunaan terminal kuning membuat beban penggunaan bertumpuk pada satu titik. Pada indikator susunan ruang parameter kepadatan ruang diberikan nilai beresiko sedang-tinggi, hal ini dikarenakan banyaknya perabotan yang tidak tertata membuat ruangan tampak penuh.

Sedangkan parameter posisi ruang diberi nilai beresiko rendah. Hal ini dikarenakan pada bangunan tradisional Batak Toba saat ini, dapur sudah diletakkan di ruang yang terpisah. Dapur berada pada bagian bangunan ekstensi, meskipun hanya beberapa bangunan ekstensi yang terbuat dari bata dan hanya sebagian besar masih terbuat dari kayu, namun hal ini dinilai merupakan langkah yang cukup baik karena dapat menghindarkan api merambat langsung ke barang-barang mudah terbakar seperti kasur, pakaian, dan lain-lain.

5.1.3 Nilai Keandalan Proteksi Pasif Kebakaran Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean pada Kondisi Eksisting

Nilai kualitas proteksi pasif pada tiap-tiap variabel perlu diakumulasikan untuk mengetahui kualitas proteksi pasif Permukiman Tradisional Batak Toba secara makro. Nilai yang didapatkan nantinya akan menentukan apakah sistem proteksi pasif Permukiman Tradisional Batak Toba perlu dilakukan optimalisasi atau tidak, serta untuk menentukan variabel, indikator, dan parameter apa yang memiliki tingkat urgensi paling tinggi untuk dilakukan optimalisasi.

Tabel 5.13 Akumulasi nilai kualitas proteksi pasif pada bangunan rumah tradisional di Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Variabel	Indikator	Parameter	Nilai				Hierarki Prioritas Parameter	Hierarki Prioritas Variabel	Nilai Keandalan Parameter Ex	Nilai Keandalan Indikator EX	Nilai Keandalan Variabel EX					
			-1	-2	-3	-4			Nilai parameter ex : 4 x Hierarki Prioritas Paramataer							
Desain Site	Jarak bangunan	Lebar Jarak	1				5,83%	15,10%	1,458%	3,398%	7,59%					
		Bukaan saling berhadapan				4	1,94%		1,940%							
	Sumber air	Kapasitas		2			2,67%		1,335%			1,670%				
		Jarak		2			0,67%		0,335%							
	Ruang terbuka	Luasan			3		1,49%		1,118%			1,493%				
		Kondisi permukaan			3		0,50%		0,375%							
	Penataan blok massa	Susunan massa dalam site		2			0,89%		0,445%			0,510%				
		Posisi Massa terhadap jalan		2			0,13%		0,065%							
	Keberadaan benda mudah terbakar	Benda tidak dapat berpindah		2			0,860%		0,430%			0,520%				
		Benda dapat berpindah			3		0,120%		0,090%							
Aksesibilitas	Pemadam Kebakaran	Waktu tempuh	1				4,46%	9,09%	1,115%	1,338%	3,78%					
		Jumlah armada	1				0,89%		0,223%							
	Kondisi Jalan	Kondisi Permukaan Jalan			3		1,45%		1,088%			1,718%				
		Topografi			3		0,60%		0,450%							
		Dimensi Jalan			3		0,24%		0,180%							
	Akses di dalam site	Keberadaan Obstakel (portal/gerbang dll)		2			1,21%		0,605%			0,725%				
		Akomodasi manuver unit pemadam		2			0,24%		0,120%							
		Struktur	Integritas Struktur	Rangka Atap			3					1,45%	3,97%	1,088%	1,808%	2,94%
Balok					3		0,48%	0,360%								
Kolom					3		0,48%	0,360%								
Stabilitas Struktur	Rangka Atap				3		0,65%	0,488%	0,818%							
	Balok				3		0,22%	0,165%								
	Kolom				3		0,22%	0,165%								
Konduktifitas Struktur	Rangka Atap				3		0,29%	0,218%	0,318%							
	Balok			2			0,10%	0,050%								
Material	Flamabilitas Material		Kolom		2			0,10%	0,050%	41,47%	9,713%	14,033%		26,97%		
			Atap				3	12,95%	9,713%							
		Lantai		2			4,32%	2,160%								
	Perambatan Material	Dinding		2			4,32%	2,160%	6,500%							
		Atap				3	6,00%	4,500%								
		Lantai		2			2,00%	1,000%								
	Resistensi Material	Dinding		2			2,00%	1,000%	3,673%							
		Atap				3	3,39%	2,543%								
		Lantai		2			1,13%	0,565%								
	Konduktifitas Material	Dinding		2			1,13%	0,565%	2,763%							
		Atap				3	2,55%	1,913%								
		Lantai		2			0,85%	0,425%								
Tata Ruang	Instalasi Listrik	Dinding		2			0,85%	0,425%	30,37%	10,260%	12,315%	15,65%				
		Distribusi Jaringan		2			20,24%	2,055%								
		Beban Penggunaan		2			4,06%	2,565%								
	Susunan Ruang	Kepadatan Ruang		2			5,06%	3,338%								
		Posisi Ruang			3		1,01%	0,773%								
TOTAL											56,93%					

Legenda (nilai parameter) :

- 1 - Tidak Ada / Beresiko Sangat Tinggi / Perlu Perbaikan Besar
- 2 - Ada tapi tidak bekerja sesuai standar kelayakan / Beresiko Sedang-Tinggi
- 3 - Ada, memenuhi standar, tapi masih dapat ditingkatkan / Beresiko Rendah
- 4 - Sangat Baik / Sempurna.

Melalui Tabel 5.13 dapat diketahui persentase capaian keandalan sistem proteksi pasif Permukiman Tradisional Batak Toba Hutaraja pada kondisi eksisting adalah 56,93%. Data kualitas capaian tersebut merupakan data interval dengan capaian maksimal adalah 100%. Data interval dapat diubah menjadi data ordinal yang berbentuk ranking (Jaya & Ardat, 2013). Merujuk pada Tabel 3.7, dimana skala ordinal terdiri dari angka 1-4. Jika data kualitas 0%-100% dibagi mengikuti skala ordinal maka, angka 1 mewakili nilai 0%-25%, angka 2 mewakili nilai 26%-50%, angka 3 mewakili nilai 51%-75%, dan angka 4 mewakili nilai 76-100%. Maka dari itu, dapat dikatakan bahwa kualitas capaian keandalan berada pada angka 3 yang berarti, masih dalam kategori berisiko dan dapat ditingkatkan keandalannya. Angka ini menunjukkan bahwa masih diperlukan optimalisasi terhadap sistem proteksi pasif Permukiman Tradisional Batak Toba .

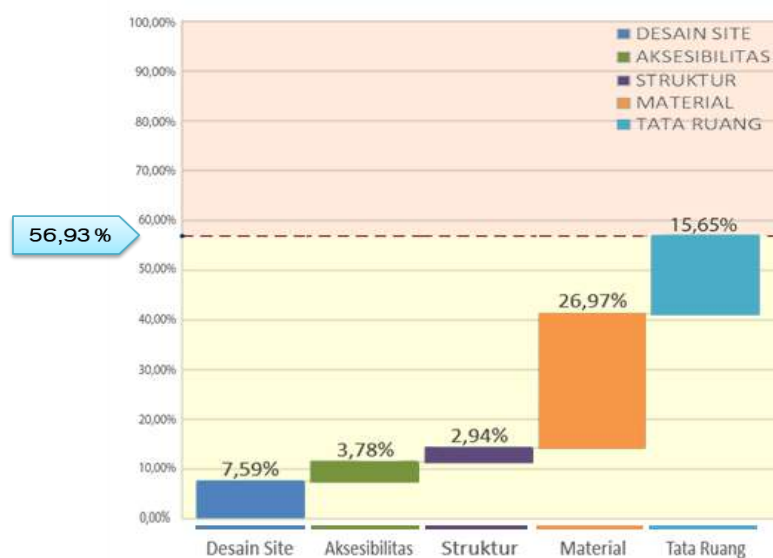
Pada Tabel 5.14 terdapat rangkuman dari hasil analisa yang telah dilakukan. Variabel desain *site* memiliki nilai keandalan 7,59% dengan nilai hierarki 15,10% yang berarti persentase capaian keandalannya 50,2649%. Variabel aksesibilitas memiliki nilai keandalan 3,7805 % dengan nilai hierarki 9,09% sehingga persentase capaian keandalannya 41,5897%. Variabel struktur memiliki nilai keandalan 2,9425% dengan nilai hierarki 3,9% sehingga persentasenya 74,1184%.

Variabel material memiliki nilai keandalan 26,968% dengan nilai herarki 41,47% yang berarti persentase capaian keandalannya 65,029%. Variabel tata ruang memiliki nilai keandalan 15,6525% dengan nilai hierarki 30,37% yang berarti persentasi capaian andalannya 51,5393%.

Tabel 5.14 Persentase Capaian Keandalan Variabel, Indikator, dan Parameter

VARIABEL	HIERARK I	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN (Nilai Keandalan : Hierarki)	INDIKATOR	HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN (Nilai Keandalan : Hierarki)	PARAMETER	HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN (Nilai Keandalan : Hierarki)
DESAIN SITE	15,10%	7,5900%	50,2649%	Jarak bangunan	7,77%	3,40%	43,741%	Lebar Jarak	5,83%	1,46%	25,02%
				Sumber air	3,34%	1,67%	50,025%	Bukaan Saling Berhadapan	1,94%	1,94%	100,00%
								Jarak	2,67%	1,34%	49,99%
				Ruang Terbuka	1,99%	1,49%	74,947%	Kapasitas	0,67%	0,34%	50,17%
								Luasan	1,49%	1,12%	75,00%
AKSESIBILITAS	9,09%	3,7805%	41,5897%	Penataan Blok Massa	1,02%	0,51%	50,244%	Kondisi Permukaan	0,50%	0,38%	75,00%
				Keberadaan Benda Mudah Terbakar	0,99%	0,52%	52,635%	Susunan Masa dalam Site	0,89%	0,45%	50,00%
								Posisi Masa Terhadap Jalan	0,13%	0,07%	50,00%
				PMK Terdekat	5,35%	1,34%	24,995%	Benda Tidak Dapat Berpindah	0,88%	0,44%	50,29%
								Benda Dapat Berpindah	0,13%	0,09%	72,00%
				Kondisi Jalan	2,29%	1,72%	75,022%	Waktu Tempuh	4,46%	1,12%	25,00%
								Jumlah Armada	0,89%	0,22%	25,06%
				Akses di dalam site	1,45%	0,73%	50,081%	Kondisi Permukaan Jalan	1,45%	1,09%	75,00%
								Topografi	0,60%	0,45%	75,00%
				STRUKTUR	3,97%	2,9425%	74,1184%	Dimensi Jalan	0,24%	0,18%	75,00%
Integritas Struktur	2,41%	1,81%	74,888%					Keberadaan Obstacle	1,21%	0,61%	50,00%
								Manufer unit PMK di dalam Site	0,24%	0,12%	50,00%
Stabilitas Struktur	1,08%	0,82%	75,678%					Rangka Atap	1,45%	1,09%	75,13%
								Balok	0,48%	0,36%	74,58%
MATERIAL	41,47%	26,968%	65,029%	Konduktifitas Struktur	0,48%	0,32%	66,680%	Kolom	0,48%	0,36%	74,58%
								Rangka Atap	0,65%	0,49%	75,29%
								Balok	0,22%	0,17%	76,37%
								Kolom	0,22%	0,17%	76,37%
								Rangka Atap	0,29%	0,22%	76,31%
				Flamabilitas Material	21,58%	14,03%	65,036%	Balok	0,10%	0,05%	52,50%
								Kolom	0,10%	0,05%	52,50%
								Atap	12,95%	9,71%	75,00%
								Lantai	4,32%	2,16%	50,00%
								Dinding	4,32%	2,16%	50,00%
				Perambatan Material	9,99%	6,50%	65,045%	Atap	6,00%	4,50%	75,00%
								Lantai	2,00%	1,00%	50,00%
								Dinding	2,00%	1,00%	50,00%
								Atap	3,39%	2,54%	75,01%
								Lantai	1,13%	0,57%	50,00%
Resistensi Material	5,65%	3,67%	64,973%	Dinding	1,13%	0,57%	50,00%				
				Atap	2,55%	1,91%	75,02%				
				Lantai	0,85%	0,43%	50,00%				
				Dinding	0,85%	0,43%	50,00%				
				Distribusi Jaringan	20,24%	10,26%	50,69%				
TATA RUANG	30,37%	15,6525%	51,5393%	Instalasi Listrik	24,30%	12,32%	50,687%	Beban Penggunaan	4,06%	2,06%	50,62%
				Susunan Ruang	6,07%	3,34%	54,947%	Posisi Ruang	1,01%	0,77%	76,53%
TOTAL											56,93%

Selain itu, Tabel 5.14 juga menunjukkan performa keandalan masing-masing variabel, indikator dan parameter melalui angka persentase capaian keandalan. Performa tertinggi pada tingkat variabel adalah struktur dengan persentase capaian keandalan 74,118%. Performa tertinggi pada tingkat indikator adalah stabilitas struktur dengan persentase capaian keandalan 75,678%. Performa tertinggi pada tingkat parameter adalah posisi ruang dengan capaian keandalan 76,53%. Sedangkan, performa terendah pada tingkat variabel adalah aksesibilitas dengan persentase capaian keandalan 41,5897%. Performa terendah pada tingkat indikator adalah keberadaan PMK terdekat dengan persentase capaian keandalan 24,995%. Performa terendah pada tingkat parameter adalah waktu tempuh dengan capaian keandalan 25,00%.



Gambar 5.53 Grafik capaian keandalan sppk Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Grafik diatas (Gambar 5.53) memviasualisasikan capaian keandalan SPPK Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean. Tampak nilai keandalan hanya sedikit saja melampaui garis tengah. Sehingga dapat dikatakan keandalan SPPKnya masih

dalam taraf sedang. Variabel material menjadi penyumbang nilai terbesar. Variabel tata ruang menyumbang nilai yang cukup signifikan. Variabel desain *site* menyumbang nilai kecil dibawah 10%. Sedangkan penyumbang nilai terkecil adalah variabel material dan aksesibilitas yang masing-masingnya dibawah 5%.

5.2 Optimalisasi Sistem Proteksi Pasif pada Kampung Ulos Hutaraja

Pardamean

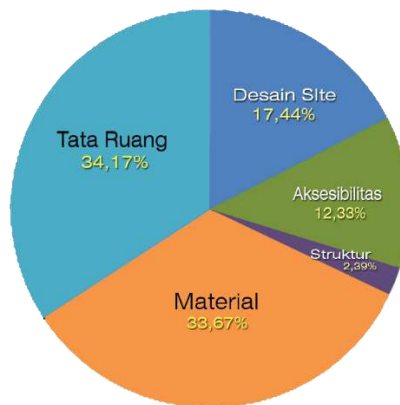
Sebagai mana hierarki variabel, nilai performa keandalan juga menjadi pertimbangan dalam menyusun rekomendasi optimalisasi. Performa terendah dengan nilai hierarki terbesar menjadi prioritas rekomendasi optimalisasi. Angka total persentase capaian nilai keandalan eksisting sebagaimana pada Tabel 5.14 masih belum dapat digunakan sebagai acuan rekomendasi upaya optimalisasi. Untuk mendapatkan rekomendasi optimalisasi yang tepat, perlu dilakukan meta analisis, yaitu menafsirkan nilai keandalan akumulatif menjadi hierarki prioritas optimalisasi.

Tabel 5.15 Hierarki Prioritas Optimalisasi

VARIABEL	a	b	c : (b/a)	d : (a-b)	e : (d/b)	INDIKATOR	f	g	h : (b/f)	i : (f-g)	J : (f-b)	HIERAKI PRIORITAS OPTIMALISASI	PARAMETER	k	l	m : (l/k)	n : (k-l)	o : (f/n)
	HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERAKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI		HIERAKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERAKI PRIORITAS OPTIMALISASI
DESAIN SITE	15,10%	75900%	50,265%	7,510%	17,438%	Jarak bangunan	7,77%	3,40%	43,76%	4,37%	10,149%		Lebar Jarak	5,83 %	1,76%	30,19%	4,07%	9,45%
						Sumber air	3,34 %	1,67 %	50,00%	1,67%	3,878%		Bukaan Salang Bernadapan	1,94 %	1,64%	84,54%	0,30%	0,70%
						Ruang Terbuka	1,99 %	1,49%	74,87%	0,50%	1,161%		Jarak	2,67 %	1,34 %	50,19%	1,33%	3,09%
						Perataan Blok Massa	1,07 %	0,51 %	50,00%	0,51%	1,181%		Kapasitas	0,67 %	0,34 %	50,75%	0,33%	0,77%
						Keberadaan benda mudah terbakar	0,99%	0,52 %	52,53%	0,47%	1,092%		Lusan	1,49 %	1,12 %	75,17%	0,37%	0,86%
AKSESIBILITAS	9,09 %	3,7805 %	41,590%	5,310%	12,329%	PMK Terdekat	5,35 %	1,34 %	25,05%	4,01%	9,313%		Kondisi Permukaan	0,50%	0,38 %	76,00%	0,12%	0,28%
						Kondisi Jalan	2,29 %	1,72 %	75,11%	0,0057	1,32%		Susunan Masa dalam Site	0,89 %	0,45 %	50,56%	0,44%	1,02%
						Alses di dalam site	1,45 %	0,73 %	50,36%	0,720%	1,672%		Posisi Masa Terhadap Jalan	0,13 %	0,07 %	53,85%	0,06%	0,14%
						Integritas Struktur	2,41 %	1,81 %	75,10%	0,600%	1,395%		Benda Tidak Dapat Berpindah	0,88 %	0,44 %	50,00%	0,44%	1,02%
						Stabilitas Struktur	1,08 %	0,82 %	75,93%	0,260%	0,604%		Benda Dapat Berpindah	0,13 %	0,09 %	69,23%	0,04%	0,09%
STRUKTUR	3,97 %	2,9425 %	74,118%	1,028%	2,386%	Kondisi Jalan	2,29 %	1,72 %	75,11%	0,0057	1,32%		Waktu Tempuh	4,46 %	1,12 %	24,72%	0,67%	1,56%
						Alses di dalam site	1,45 %	0,73 %	50,36%	0,720%	1,672%		Jumlah Armada	0,89 %	0,22 %	24,72%	0,67%	1,56%
						Integritas Struktur	2,41 %	1,81 %	75,10%	0,600%	1,395%		Kondisi Permukaan Jalan	1,45 %	1,09 %	75,17%	0,36%	0,84%
						Stabilitas Struktur	1,08 %	0,82 %	75,93%	0,260%	0,604%		Topografi	0,60 %	0,45 %	75,00%	0,15%	0,35%
						Konduktifitas Struktur	0,48 %	0,32 %	66,67%	0,160%	0,372%		Dimensi Jalan	0,24 %	0,18 %	75,00%	0,06%	0,14%
MATERIAL	41,47%	26,968 %	65,030%	14,502%	33,674%	Firmabilitas Material	21,58 %	14,03 %	65,03%	7,550%	17,534%		Keberadaan Obstacle	1,21 %	0,61 %	50,41%	0,60%	1,39%
						Perambatan Material	9,99 %	6,50 %	65,07%	3,490%	8,116%		Manuver unit PMK di dalam Site	0,24 %	0,12 %	50,00%	0,12%	0,28%
						Resistensi Material	5,65 %	3,67 %	64,96%	1,980%	4,598%		Rangka Atap	1,45 %	1,09 %	75,17%	0,36%	0,84%
						Konduktifitas Material	4,25 %	2,76 %	64,96%	1,490%	3,460%		Balok	0,48 %	0,36 %	75,00%	0,12%	0,28%
						Instalasi Listrik	24,30 %	12,22 %	50,70%	11,980%	27,822%		Rangka Atap	0,65 %	0,49 %	75,38%	0,16%	0,37%
TATA RUANG	30,37%	15,6525 %	51,539%	14,718%	34,174%	Kapadatan Ruang	6,07%	3,34 %	55,02%	2,730%	6,30%		Dinding	2,00 %	1,00 %	50,00%	1,00%	2,32%
						Postisi Ruang	1,01 %	0,77 %	50,74%	0,24%	0,56%		Dinding	2,00 %	1,00 %	50,00%	1,00%	2,32%
													Dinding	2,00 %	1,00 %	50,00%	1,00%	2,32%
													Dinding	2,00 %	1,00 %	50,00%	1,00%	2,32%
													Dinding	2,00 %	1,00 %	50,00%	1,00%	2,32%

Tabel 5.15 menggambarkan hierarki prioritas optimalisasi. Pada tingkat Variabel hierarki prioritas optimalisasi secara berurut dari yang paling tinggi ke paling rendah, yaitu tata ruang dengan dengan persentase 34,17%, kedua material dengan persentase 33,67%, ketiga desain *site* dengan persentase 17,438, keempat aksesibilitas dengan persentase 12,329%, dan yang kelima adalah struktur dengan persentase 2,386%. Sehingga dapat dikatakan, pada tingkat variabel, yang menjadi prioritas untuk dioptimalisasi adalah tata ruang.

Lebih mendetail ke tingkat indikator dan parameter, pada tingkat indikator yang menjadi prioritas untuk dioptimalisasi adalah instalasi listrik dengan nilai hierarki sebesar 27,822%, kedua adalah flamabilitas naterial dengan nilai hierarki sebesar 17,534%, ketiga adalah jarak bangunan dengan nilai hierarki 10,149%. Sedangkan, hierarki prioritas optimalisasi terendah pada tingkat indikator adalah konduktivitas struktur dengan nilai 0,372%. Pada tingkat parameter yang menjadi prioritas untuk dioptimalisasi adalah distribusi jaringan dengan nilai hierarki sebesar 23,18%, kedua lebar jarak dengan nilai hierarki sebesar 9,45%, ketiga waktu tempuh dengan nilai hierarki sebesar 7,76%. Sedangkan, hierarki prioritas optimalisasi terendah pada tingkat parameter adalah benda mudah terbakar dapat berpindah dengan nilai hierarki sebesar 0,09%. Optimalisasi paling efisien jika dilakukan pada tingkat parameter.



Gambar 5.54 Persentase hierarki optimalisasi

Secara lebih sederhana, melalui visualisasi *pie chart* (Gambar 5.54), dapat dilihat material dan tata ruang memiliki hierarki optimalisasi yang berimbang dan berdampak sangat besar sekitar dua per tiga dari keseluruhan dalam bentuk akumulasi keduanya. Berbeda dengan hierarki kepentingan variabel, dalam hierarki optimalisasi, yang paling tinggi adalah hierki variabel tata ruang meskipun hanya memiliki kelebihan selisih nilai sedikit dari variabel material, tidak sampai menyentuh angka 1%. Kemudian desain *site* dan aksesibilitas dengan proporsi dampak yang masih sangat perlu diperhitungkan, gabungan nilai hierarki optimalisasi kedua variabel ini melebihi satu per empat dari keseluruhan nilai. Sedangkan variabel struktur memiliki nilai hierarki prioritas yang sangat kecil sehingga tidak dapat berpengaruh secara signifikan terhadap kenaikan nilai keandalan sistem proteksi pasif kebakaran pada permukiman tradisional. Bahkan, dengan mengabaikan optimalisasi struktur pun, nilai keandalan dapat memperoleh nilai yang hampir mendekati sempurna.

5.2.1 Desain Site Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Tingkat capaian sistem proteksi pasif kebakaran desain *site* senilai 50,265% masih menyisakan ruang untuk dilakukan optimalisasi. Untuk mendapatkan hasil optimalisasi yang efisien, upaya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan hierarki prioritas optimalisasi variabel.

Tabel 5.16 Hierarki prioritas optimalisasi variabel desain *site*

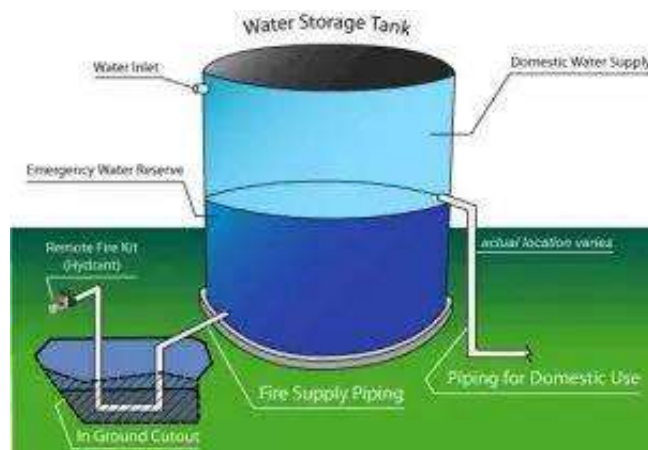
VARIABEL	a	b	c : (b/a)	d : (a-b)	e : (d/a)	INDIKATOR	f	g	h : (g/f)	i : (f-g)	j : (g/i)	PARAMETER	k	l	m : (l/k)	n : (k-l)	o : (n/2n)
	HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI
DESAIN SITE	15,10%	7,5900%	50,265%	7,510%	17,438%	Jarak bangunan	7,77%	3,40%	43,76%	4,37%	10,149%	Lebar Jarak	5,83 %	1,76%	30,19%	4,07%	9,45%
						Sumber air	3,34 %	1,67 %	50,00%	1,67%	3,878%	Bukaan Saling Berhadapan	1,94 %	1,64%	84,54%	0,30%	0,70%
						Ruang Terbuka	1,99 %	1,49%	74,87%	0,50%	1,161%	Jarak	2,67 %	1,34 %	50,19%	1,33%	3,09%
						Penataan Blok Massa	1,02 %	0,51 %	50,00%	0,51%	1,184%	Kepertasan	0,67 %	0,34 %	50,75%	0,33%	0,77%
												Luasan	1,49 %	1,12 %	75,17%	0,37%	0,86%
												Fondasi Permukaan	0,50 %	0,38 %	76,00%	0,12%	0,28%
												Susunan Masa Dalam Site	0,89 %	0,45 %	50,56%	0,44%	1,02%
												Posisi Masa Terhadap Jalan	0,13 %	0,07 %	53,85%	0,06%	0,14%
						Keberadaan benda mudah terbakar	0,99%	0,52 %	52,53%	0,47%	1,092%	Benda Tidak Dapat Berpindah	0,88 %	0,44 %	50,00%	0,44%	1,02%
												Benda Dapat Berpindah	0,13 %	0,09 %	69,23%	0,04%	0,09%

Berdasarkan Tabel 5.16 Hireraki prioritas optimalisasi parameter mulai dari yang tertinggi adalah jarak antar bangunan dengan nilai persentase hierarki 10,149 %, sangat signifikan dibanding dengan indikator lainnya. Hierarki tertinggi kedua adalah sumber air dengan nilai persentase hierarki 3,878%, ketiga penataan blok massa dengan nilai persentase hierarki 1,184%, keempat ruang terbuka dengan nilai persentase hierarki 1,161%, dan yang terakhir adalah keberadaan benda mudah terbakar dengan nilai persentase hierarki 1,092%. Sedangkan pada tingkat parameter, yang memegang anilai persentase hierarki tertinggi adalah lebar jarak dengan nilai 9,45%, kkedua adalah jarak sumber air dengan nilai persentase hierarki 3,09%, ketiga adalah susunan massa dalam *site* dan keberadaan benda mudah terbakar tidak dapat berpindah dengan masing-masingnya memiliki angka yang sama yaitu 1,02%. Sedangkan, hierarki prioritas optimalisasi terendah adalah keberadaan benda mudah terbakar yang dapat berpindah dengan nilai persentase

hierarki 0,09%. Sehingga dapat dikatakan, keandalan SPPK desain *site* akan meningkat secara signifikan jika optimalisasi dilakukan pada parameter lebar jarak yang merupakan indikator jarak bangunan.

Pada parameter susunan massa dalam *site*, jarak antar bangunan bersebelahan sangat dekat berkisar antara 1-3m. Mengacu kepada Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum Republik Indonesia No10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, jarak bangunan yang aman terhadap bahaya kebakaran yaitu untuk bangunan dengan tinggi sampai 8 meter mempunyai jarak minimum 3 meter satu sama lainnya. Mengatur kembali jarak antar bangunan pada kondisi eksisting tidaklah memungkinkan. Maka, perlu ada mekanisme proteksi, untuk pencegahan penjaralan kebakaran, misalnya dengan memberi material coating, ataupun mekanisme pendinginan dengan air.

Sehingga optimalisasi yang memberi dampak signifikan hanya memungkinkan dilakukan kepada parameter jarak dari sumber air. Pasokan air untuk pemadaman kebakaran harus selalu tersedia dalam jumlah yang mencukupi untuk pemadaman kebakaran (Septiadi dkk., 2014). Pada parameter kapasitas dan jarak, sumber air cukup sulit dijangkau, sehingga diperlukan mekanisme cadangan air dan distribusi memadai di sekitar *site*.



Gambar 5.55 Reservoir air

Sumber : <https://firesystem.id/>

Cadangan air dapat disimpan dalam reservoir (Gambar 5.55). Reservoir terletak di dalam tanah dan terkoneksi ke seluruh *hydrant* yang ada di dalam kawasan. Reservoir ini juga dapat berfungsi sebagai cadangan air masyarakat. Namun, penggunaannya dibatasi. Volume air harus selalu tersedia dalam kapasitas tertentu untuk sewaktu-waktu digunakan apabila terjadi kebakaran. Reservoir digunakan dalam sistem distribusi untuk menyeimbangkan debit pengaliran, mempertahankan tekanan, dan mengatasi keadaan darurat. Untuk optimasi penggunaan, reservoir harus diletakkan sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan (Kusumawardani & Astuti, 2018). Selanjutnya, optimalisasi juga dapat dilakukan pada parameter-parameter lainnya, yaitu kondisi permukaan dan luasan ruang terbuka. Parameter luasan ruang terbuka eksisting sudah cukup memadai. Perbaikan perlu dilakukan pada parameter kondisi permukaan dengan melakukan perubahan material menjadi perkerasan pada ruang terbuka area barat yang saat ini masih berupa tanah.



Gambar 5.56 Material perkerasan

Perkerasan yang digunakan dapat diseragamkan dengan material perkerasan yang sudah digunakan pada area-area lain di kawasan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean (Gambar 5.56). Estetika dapat tetap terjaga namun sudah memenuhi kebutuhan fungsionalnya.

Optimalisasi pada indikator penataan blok massa tidak dapat dilakukan, karena pemindahan posisi bangunan tidak memungkinkan untuk dilakukan. Rekomendasi mengenai penataan blok massa akan bermanfaat pada pembentukan permukiman baru ataupun perluasan permukiman.

Pada parameter benda dapat berpindah, Desain bangunan tidak memfasilitasi khusus untuk kendaraan ataupun peralatan bergerak. Perlu penataan/desain khusus untuk hal ini. Pada parameter benda tidak dapat berpindah, desain bangunan juga tidak memfasilitasi khusus untuk hal ini, misalnya untuk gudang, dan penataan vegetasi. Diperlukan pula penataan/desain khusus untuk hal ini. Sedangkan, untuk benda tidak dapat berpindah dalam hal ini vegetasi pepohonan besar. Upaya optimalisasi yang memungkinkan adalah pemangkasan cabang dan ranting pohon yang menyentuh badan bangunan.

Berdasarkan pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa, optimalisasi pada indikator desain *site* hanya memungkinkan dilakukan pada indikator sumber air, ruang terbuka, dan keberadaan benda mudah terbakar. Bila keseluruhan optimalisasi yang memungkinkan telah dilakukan dan mencapai angka optimum, maka nilai keandalan desain *site* dapat meningkat dari 7,59% menjadi 10,52% atau persentase capaian andalan dari 50,265% menjadi 69,6%. Secara akumulasi, peningkatan keandalan SPPK desain *site* secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK sebesar 2,93%.

5.2.2 Aksesibilitas Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Tingkat capaian sistem proteksi pasif kebakaran aksesibilitas senilai 41,590% masih menyisakan ruang untuk dilakukan optimalisasi. Untuk mendapatkan hasil optimalisasi yang efisien, upaya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan hierarki prioritas optimalisasi variabel.

Tabel 5.17 Hierarki prioritas optimalisasi variabel aksesibilitas

VARIABEL	a	b	c : (b/a)	d : (a-b)	e : (d/d)	INDIKATOR	f	g	h : (g/f)	i : (f-g)	j : (i/d)	PARAMETER	k	l	m : (l/k)	n : (k-l)	o : (n/2n)
	HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI
AKSESIBILITAS	9,09 %	3,7805 %	41,590%	5,310%	12,329%	PMK Terdekat	5,35 %	1,34 %	25,05%	4,01%	9,313%	Waktu Tempuh	4,46 %	1,12 %	25,11%	3,34%	7,76%
						Kondisi Jalan	2,29 %	1,72 %	75,11%	0,0057	1,32%	Jumlah Armada	0,89 %	0,22 %	24,72%	0,67%	1,56%
						Akses di dalam site	1,45 %	0,73 %	50,34%	0,720%	1,672%	Kondisi Permukaan Jalan	1,45 %	1,09 %	75,17%	0,36%	0,84%
												Tutupan	0,60 %	0,45 %	75,00%	0,15%	0,35%
												Keberadaan Jalan	0,24 %	0,18 %	75,00%	0,06%	0,14%
												Keberadaan Obstacle	1,21 %	0,61 %	50,41%	0,60%	1,39%
												Memulai unit PMK di dalam Site	0,24 %	0,12 %	50,00%	0,12%	0,28%

Berdasarkan Tabel 5.17 Hireraki prioritas optimalisasi parameter mulai dari yang tertinggi adalah parameter waktu tempuh PMK terdekat dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 6,61 %, sangat signifikan dibanding dengan indikator lainnya. Hierarki tertinggi kedua adalah parameter jumlah armada PMK dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 1,33%, ketiga adalah keberadaan *obstacle* dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 1,19%,

keempat adalah kondisi permukaan jalan menuju *site* dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,71%, kelima topografi jalan menuju *site* dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,30%, keenam manufer unit PMK di dalam *site* dengan nilai persentase hierarki optimalisasi 0,24%, dan yang terakhir adalah dimensi jalan menuju *site* dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,12%. Sehingga dapat dikatakan, keandalan SPPK aksesibilitas akan meningkat secara signifikan jika optimalisasi dilakukan pada indikator keberadaan PMK terdekat.

Pada indikator pemadam kebakaran parameter Jarak PMK, cukup jauh ke lokasi *site*, pada parameter jumlah armada adalah jumlahnya yang sangat terbatas. Kedua parameter ini saling memengaruhi. Semakin banyak armada, maka jarak area cakupan masing-masing pos bisa semakin mengecil sehingga waktu tempuh yang dibutuhkan pun dapat berkurang. Maka, perlu dilakukan penambahan pos dan armada pemadam kebakaran di sekitar lokasi. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.20/PRT/M/2009 tentang Pedoman Teknis Manajemen Proteksi Kebakaran di Perkotaan dinyatakan bahwa daerah yang terbangun dan dihuni harus mendapat perlindungan dari pos terdekatnya berada dalam jarak 2,5 km Pos Pembantu dan 3,5 km untuk pos UPTD.

Dalam peraturan menteri tersebut juga berisi perencanaan lokasi pos pemadam kebakaran ditentukan berdasarkan standar waktu tanggap (*respon time*) terhadap pemberitahuan kebakaran untuk kondisi Indonesia tidak lebih dari 15 menit dengan rincian 5 menit awal untuk penerimaan laporan dan intrepetasi lokasi kejadian kebakaran, 5 menit selanjutnya sebagai waktu perjalanan menuju lokasi

kebakaran, dan 5 menit terakhir untuk gelar peralatan di lokasi kebakaran. Sehingga, penambahan pos dan armada perlu terus dilakukan hingga standar tersebut tercapai.

Pada indikator kondisi jalan parameter dimensi jalan, topografi, dan kondisi permukaan jalan sudah cukup baik. Optimalisasi dapat dilakukan dengan perbaikan pada beberapa titik kemacetan pada sirkulasi jalan kota (pasar, jalan alternatif, penataan parkir). Pada indikator akses di dalam *site* parameter keberadaan obstakel berupa *bollard* mempersempit lebar jalan masuk yang dapat dilalui. Akses terbatas ke bangunan tergantung pada jalan sempit adalah faktor risiko lain yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan keselamatan kebakaran (Durak dkk., 2011). Sejalan dengan hal tersebut, peraturan Menteri No.26 Tahun 2008 menyatakan lebar akses masuk minimal 4 m. Pada dasarnya lebar jalan masuk sudah memenuhi standar minimal yaitu 4m, dengan adanya *bollard*, lebar jalan menjadi lebih sempit. Optimalisasi yang dapat dilakukan adalah misalnya dengan mengganti *bollard* dengan obstakel lain yang tidak menghalangi jalan secara permanen(dapat dibuka tutup). Pada parameter akomodasi manufer unit pemadam kebakaran, luasan lahan yang tersedia sudah cukup, hanya perlu dilakukann optimalisasi agar tiap-tiap bangunan dapat dicapai sekeliling permukaannya, yaitu dengan cara penataan letak tanaman dan lain-lain.

Optimalisasi dapat dilakukan bertahap berdasarkan urutan hirarki indikator. Mulai dari keberadaan pemadam kebakaran terdekat, kondisi jalan, dan aksesibilitas di dalam *site*. Namun, kewenangan optimalisasi parameter keberadaan PMK terdekat berada dibawah pemerintah daerah. Begitu pula dengan indikator

kondisi jalan menuju *site*. Optimalisasi paling praktis yang dapat dilakukan adalah pada indikator aksesibilitas di dalam *site*. Bila keseluruhan optimalisasi yang memungkinkan telah dilakukan dan mencapai angka optimum, maka nilai keandalan aksesibilitas dapat meningkat dari 3,7805% menjadi 4,501% atau persentase capaian andalan dari 41,590% menjadi 49,51%. Secara akumulasi, peningkatan keandalan SPPK aksesibilitas secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK sebesar 0,7105%.

5.2.3 Struktur Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Tingkat capaian sistem proteksi pasif kebakaran variabel struktur senilai 74,1184% terbilang cukup tinggi, namun upaya-upaya optimalisasi masih dapat dilakukan. Optimalisasi dapat dilakukan secara menyeluruh, bertahap, ataupun sebagian. Untuk mendapatkan hasil optimalisasi yang efisien, upaya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan hierarki prioritas indikator ataupun persentase nilai keandalan indikator eksisting.

Tabel 5.18 Hierarki prioritas optimalisasi variabel struktur

VARIABEL	a	b	c : (b/a)	d : (a-b)	e : (d/b)	INDIKATOR	f	g	h : (g/f)	i : (f-g)	j : (i/f)	PARAMETER	k	l	m : (l/k)	n : (k-l)	o : (n/k)
	HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI
STRUKTUR	3,97 %	2,9425 %	74,118%	1,028%	2,386%	Integritas Struktur	2,41 %	1,81 %	75,10%	0,600%	1,393%	Rangka Atap	1,45 %	1,09 %	75,17%	0,36%	0,86%
												Balok	0,48 %	0,36 %	75,00%	0,12%	0,28%
												Kolom	0,48 %	0,36 %	75,00%	0,12%	0,28%
						Stabilitas Struktur	1,08 %	0,82 %	75,93%	0,260%	0,604%	Rangka Atap	0,65 %	0,49 %	75,38%	0,16%	0,37%
												Balok	0,22 %	0,17 %	77,27%	0,05%	0,12%
												Kolom	0,22 %	0,17 %	77,27%	0,05%	0,12%
						Konduktivitas Struktur	0,48 %	0,32 %	66,67%	0,160%	0,372%	Rangka Atap	0,29 %	0,22 %	75,86%	0,07%	0,16%
												Balok	0,10 %	0,05 %	50,00%	0,05%	0,12%
												Kolom	0,10 %	0,05 %	50,00%	0,05%	0,12%

Berdasarkan Tabel 5.18 Hierarchy prioritas optimalisasi parameter mulai dari yang tertinggi adalah parameter integritas rangka atap dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,71 %, kedua adalah parameter stabilitas rangka atap dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,32%, ketiga adalah parameter integritas balok dan kolom yang masing-masingnya memiliki nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,24%, keempat adalah konduktivitas

rangka atap dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,14%, kelima adalah stabilitas kolom, stabilitas balok, konduktivitas kolom, dan konduktivitas balok yang masing-masingnya memiliki nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,10%. Sehingga dapat dikatakan, tidak ada parameter yang akan menyumbangkan angka peningkatan keandalan SPPK apabila optimalisasi hanya dilakukan pada satu objek parameter.

Berdasarkan Tabel 5.17, upaya optimalisasi struktur secara bertahap jika mengikuti hierarki prioritas secara berurutan dari yang paling tinggi yaitu dimulai dari integritas struktur, dilanjutkan dengan stabilitas struktur, dan yang terakhir konduktivitas struktur. Jika mengikuti urutan persentase nilai keandalan eksisting secara berurutan dari capaian terendah, yaitu konduktivitas struktur, stabilitas struktur, dan terakhir integritas struktur. Berikut adalah rekomendasi optimalisasi yang dapat dilakukan berdasarkan masalah yang ditemukan di tiap-tiap indikator dan parameter pada variabel struktur.

Pada variabel struktur rekomendasi optimalisasi dapat dilakukan dengan satu tindakan yang dampaknya memengaruhi seluruh indikator. Berdasarkan hasil penilaian ahli, indikator integritas struktur, stabilitas struktur, maupun konduktivitas struktur bangunan pada parameter kolom, balok dan rangka atap sudah cukup baik, karena terbuat dari material kayu keras dan solid. Peningkatan performa dapat dilakukan dengan pemberian tambahan *coating* untuk proteksi. Perubahan material tidak menjadi opsi untuk dilakukan mengingat nilai keaslian rumah tradisional yang perlu dipertahankan.

Optimalisasi pada variabel struktur tidak dapat berpengaruh banyak pada keandalan sistem proteksi pasif kebakaran Permukiman Tradisional Batak Toba, mengingat persentase hierarkinya yang sangat kecil. Hal ini dikarenakan proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba berfokus pada perlindungan properti. Berbeda dengan fungsi keandalan struktur pada bangunan, struktur bangunan harus bertahan dalam jangka yang lama untuk memungkinkan evakuasi terlaksana dengan maksimal sebelum bangunan kolaps (Chow, 2005). Maka dapat disimpulkan, ketahanan struktur tidak didesain dengan tujuan untuk penyelamatan properti, sehingga variabel ini dapat diabaikan.

Berdasarkan pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa, optimalisasi dapat dilakukan pada seluruh parameter struktur. Namun, tidak ada yang dapat membuatnya benar-benar dapat menaham dampak kebakaran. Bila keseluruhan optimalisasi telah dilakukan dan mencapai angka optimum, maka nilai keandalan struktur dapat meningkat dari 2,9425% hingga mendekati angka 3,97% atau persentase capaian andalan dari 74,118% hingga mendekati angka 100%. Namun, secara hierarki struktur memiliki kontribusi yang lemah terhadap SPPK Permukiman Tradisional Batak Toba, yaitu hanya 3,97%. Sehingga optimalisasi pada struktur tidak akan berpengaruh banyak pada peningkatan keandalan SPPK Permukiman Tradisional Batak Toba. Secara akumulasi, peningkatan keandalan SPPK struktur secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK hingga mendekati angka 1,0275%.

5.2.4 Material Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Tingkat capaian sistem proteksi pasif kebakaran variabel struktur senilai 65,029% masih dalam taraf keamanan tingkat menengah, sehingga optimalisasi penting untuk dilakukan. Optimalisasi dapat dilakukan secara menyeluruh, bertahap, ataupun sebagian. Untuk mendapatkan hasil optimalisasi yang efisien, upaya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan hierarki prioritas indikator ataupun persentase nilai keandalan indikator eksisting.

Tabel 5.19 Hierarki prioritas optimalisasi variabel material

VARIABEL	a	b	c : (b/a)	d : (a-b)	e : (d/d)	INDIKATOR	f	g	h : (g/f)	i : (f-g)	j : (i/d)	PARAMETER	k	l	m : (l/k)	n : (k-l)	o : (n/2n)
	HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI
MATERIAL	41,47 %	26,968 %	65,030%	14,502%	33,674%	Flamabilitas Material	21,58 %	14,03 %	65,01%	7,550%	17,534%	Atap	12,95%	9,71 %	74,98%	3,24%	7,53%
												Lantai	4,22%	2,16 %	50,00%	2,16%	5,02%
												Dinding	4,32%	2,16 %	50,00%	2,16%	5,02%
						Perambatan Material	9,99 %	6,50 %	65,07%	3,490%	8,105%	Atap	6,00%	4,50%	75,00%	1,50%	3,48%
												Lantai	2,00%	1,00 %	50,00%	1,00%	2,32%
												Dinding	2,00%	1,00 %	50,00%	1,00%	2,32%
						Resistensi Material	5,65 %	3,67 %	64,96%	1,980%	4,598%	Atap	3,39%	2,54 %	74,93%	0,85%	1,97%
												Lantai	1,13%	0,57 %	50,44%	0,56%	1,30%
												Dinding	1,13%	0,57 %	50,44%	0,56%	1,30%
						Konduktivitas Material	4,25 %	2,76 %	64,94%	1,490%	3,460%	Atap	2,55%	1,91 %	74,90%	0,64%	1,49%
												Lantai	0,85%	0,43 %	50,59%	0,42%	0,98%
												Dinding	0,85%	0,43 %	50,59%	0,42%	0,98%

Berdasarkan Tabel 5.19 Hireraki prioritas optimalisasi parameter mulai dari yang tertinggi adalah parameter flamabilitas material atap dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 6,41 %, kedua adalah flamabilitas material lantai dan dinding dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi masing-masingnya 4,27%, ketiga adalah parameter perambatan material atap yang memiliki nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 2,97%, keempat adalah perambatan material lantai dan dinding dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi masing-masing 1,98%, kelima adalah resistensi material atap yang memiliki nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 1,68%, keenam adalah konduktivitas material atap dengan persentase hierarki prioritas optimalisasi 1,27%, ketujuh adalah parameter resistensi material lantai dan dinding dengan nilai persentase

hierarki prioritas optimalisasi masing-masing 1,11%, kedelapan adalah parameter konduktivitas material dinding dan lantai dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi masing-masing 0,83%. Sehingga dapat dikatakan, parameter yang akan menyumbangkan angka peningkatan paling besar terhadap nilai keandalan SPPK apabila optimalisasi adalah flamabilitas atap. Namun, parameter-parameter lainnya juga dapat memberi dampak yang cukup besar.

Tidak berbeda dengan variabel struktur. Rekomendasi optimalisasi variabel material dapat dilakukan dengan satu tindakan yang dampaknya memengaruhi seluruh indikator. Berdasarkan hasil penilaian oleh ahli, indikator flamabilitas material, perambatan material, resistensi material maupun konduktivitas material bangunan pada parameter kolom, balok dan rangka atap sudah cukup baik, karena terbuat dari material kayu keras dan solid sehingga tidak mudah terbakar. Kayu terbakar pada kondisi suhu permukaannya melampaui 250 °C (Dinwoodie,2000).

Salah satu upaya dalam mencegah kebakaran adalah dengan meningkatkan daya tahan material kayu terhadap bahaya kebakaran atau api (White & Dietsberger 1999). Peningkatan ketahanan api pada kayu biasanya dilakukan dengan melakukan impregnasi kayu dalam bahan kimia seperti yang dilaporkan Wu dkk. (2014) atau sederhananya dikenal dengan penambahan coating untuk proteksi. Selain itu perubahan yang diperbolehkan adalah perubahan material atap menjadi sirap sebagaimana yang telah dilakukan saat ini. Namun perubahan material lainnya tidak menjadi opsi untuk dilakukan mengingat nilai keaslian rumah tradisional yang perlu dipertahankan.



Gambar 5.57 Ilustrasi uji bakar kayu dengan coating anti api (kiri) dan kayu tanpa coating anti api)

Sumber : Sjaperkasa.com

Pelapis(*coating*) anti api dapat menurunkan flamabilitas kayu. Sehingga penyebaran api juga dapat diminimalisir (Gambar 5.57). Namun, pelapis yang digunakan hendaknya yang tidak merusak warna asli kayu ataupun pelapis transparan sehingga tidak merubah visual dari rumah itu sendiri.

Berdasarkan pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa, optimalisasi memungkinkan untuk dilakukan pada semua parameter, namun tidak akan menghilangkan sifat kayu yang dapat terbakar. Bila keseluruhan optimalisasi telah dilakukan dan mencapai angka optimum, maka nilai keandalan material dapat meningkat dari 26,968% hingga mendekati 41,47% atau persentase capaian andalan dari 65,030% hingga mendekati 100%. Secara hierarki material memiliki kontribusi yang paling besar terhadap SPPK Permukiman Tradisional Batak Toba, yaitu hanya 41,47%. Sehingga optimalisasi pada material akan berpengaruh banyak pada peningkatan keandalan SPPK Permukiman Tradisional Batak Toba. Secara akumulasi, peningkatan keandalan SPPK material secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK hingga mendekati angka 14,502%.

5.2.5 Tata Ruang Bangunan Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean

Tingkat capaian sistem proteksi pasif kebakaran variabel tata ruang senilai 51,5393% masih dalam taraf capaian yang rendah, sehingga upaya optimalisasi masih sangat perlu untuk dilakukan. Optimalisasi dapat dilakukan secara menyeluruh, bertahap, ataupun sebagian. Untuk mendapatkan hasil optimalisasi yang efisien, upaya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan hierarki prioritas indikator ataupun persentase nilai keandalan indikator eksisting.

Tabel 5.20 Hierarki prioritas optimalisasi variabel tata ruang

VARIABEL	a	b	c : (b/a)	d : (a-b)	e : (d/b)	INDIKATOR	f	g	h : (g/f)	i : (f-g)	j : (i/f)	PARAMETER	k	l	m : (l/k)	n : (k-l)	o : (n/m)
	HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI		HIERARKI	NILAI KEANDALAN	PERSENTASE CAPAIAN KEANDALAN	POTENSI OPTIMALISASI	HIERARKI PRIORITAS OPTIMALISASI
TATA RUANG	30,37 %	15,6525 %	51,5393%	14,718%	34,174%	Instalasi Listrik	24,30 %	12,32 %	50,70%	11,980%	27,822%	Distribusi Jaringan	20,24 %	10,26 %	50,69%	9,98%	23,18%
						Beban Penggunaan	4,06 %	2,06 %	50,74%	2,00%	4,60%	Kepadatan Ruang	5,06 %	2,57 %	50,79%	2,49%	5,78%
						Susunan Ruang	6,07%	3,34 %	55,02%	2,730%	6,340%	Pertisi Ruang	1,01 %	0,77 %	76,24%	0,24%	0,56%

Berdasarkan Tabel 5.20 Hireraki prioritas optimalisasi parameter mulai dari yang tertinggi adalah parameter distribusi jaringan dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 19,74 %, kedua kepadatan ruang dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 4,93%, ketiga adalah parameter beban penggunaan instalasi listrik yang memiliki nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 3,96%, keempat adalah posisi ruang dengan nilai persentase hierarki prioritas optimalisasi 0,47%. Sehingga dapat dikatan, parameter yang akan menyumbangkan angka peningkatan paling besar terhadap nilai keandalan SPPK apabila optimalisasi adalah distribusi jaringan. Namun, dua parameter lainnya, yaitu kepadatan ruang dan beban penggunaan instalasi listrik juga dapat memberi dampak yang cukup besar.

Pada indikator instalasi listrik parameter desain distribusi jaringan optimalisasi yang perlu dilakukan adalah mengubah desain distribusi jaringan listrik saat ini dengan perlengkapan dan bahan instalasi yang sesuai standart. stop kontak yang dipasangkan kepada 2-3 titik stop kontak penyambung, sehingga rentan terjadinya konsleting karena beban berlebih atau sambungan kontak yang tidak pas (Pabla, 1995). Saklar atau stop kontak yang tidak terpasang sempurna sehingga menggantung; tidak menggunakan pipa PVC maupun klem untuk peletakan kabel memperbesar resiko kerusakan isolasi (Yuniarti dkk., 2018).

Selain itu, juga perlu mempertimbangkan kategori ruang/tempat dimana instalasi listrik akan dipasang, guna menentukan jenis perlengkapan atau bahan yang sesuai dengan tempat tersebut.



Gambar 5.58 Ilustrasi penggunaan pipa conduit
Sumber : Kelistrikanku.com

Pipa conduit dapat menjadi opsi. Pipa conduit berfungsi untuk menjaga jalur instalasi listrik agar tertata dengan baik dan tidak menggantung (Gambar 5.58). Walaupun sudah dilindungi lapisan pembungkus atau isolator, korsleting listrik masih dapat terjadi akibat rusaknya lapisan pembungkus kabel. Pipa conduit juga dapat melindungi kabel listrik dari gigitan hewan pengerat yang merusak lapisan

kabel listrik hingga menyebabkan korslet.

Pada indikator susunan ruang parameter kepadatan ruang, umumnya tidak ditemukan banyak furnitur namun tata letak furnitur yang menjadi permasalahan, barang-barang yang tidak tertata, serta meletakkan benda-benda mudah terbakar berdekatan dengan sumber listrik dan sumber api membuat resiko kebakaran meningkat. Pada kasus ini optimalisasi pada bidang arsitektural tidak dapat dilakukan. Solusinya adalah dengan penyuluhan kepada masyarakat tentang bahaya akan hal tersebut.

Salah satu penyebab kebakaran antara lain dampak penggunaan energi seperti listrik, bahan bakar, tabung oksigen, bahan kimia atau lainnya. Inilah yang dapat berpotensi terjadinya bahaya kebakaran (Kowara & Martiana, 2017). Bahan bakar dan kegiatan yang menggunakan nyala api umumnya ada di dapur. Pada parameter perletakan ruang, dapur sebagai area yang beresiko, terletak pada bagian yang terpisah, tetapi diperlukan treatment/desain khusus untuk kompartemenisasi ruangan.

Berdasarkan pemaparan diatas, seluruh parameter memungkinkan untuk dilakukan optimalisasi kecuali posisi ruang dan dapat disimpulkan bahwa, bila keseluruhan optimalisasi telah dilakukan dan mencapai angka optimum, maka nilai keandalan tata ruang dapat meningkat dari 15,6525 % menjadi 29,90% atau persentase capaian andalan dari 51,539% menjadi 98,43%. Secara akumulasi, peningkatan keandalan SPPK tata ruang secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK sebesar 14,2475%.

Secara akumulasi, peningkatan keandalan SPPK desain *site* secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK sebesar 2,93%, parameter lebar jarak, susunan massa dalam *site*, dan posisi massa terhadap jalan tidak termasuk bagian yang diperhitungkan karena tidak dapat diimplementasikan secara praktis. Peningkatan keandalan SPPK aksesibilitas secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK sebesar 0,7105%, parameter-parameter pada indikator keberadaan PMK terdekat dan kondisi jalan menuju *site* tidak termasuk dalam bagian yang diperhitungkan karena berada dalam lingkup kewenangan pemerintah daerah. Peningkatan keandalan SPPK struktur secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK hingga mendekati angka 1,0275%, angka tidak dapat benar-benar mencapai nilai sempurna karena solusi optimalisasi yang ada hanyalah memperpanjang durasi ketahanan struktur, bukan membuatnya menjadi anti api.

Tidak berbeda jauh dengan variabel struktur, solusi optimalisasi yang ada hanyalah memperpanjang durasi ketahanan material, bukan membuatnya menjadi anti api. Peningkatan keandalan SPPK material secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK hingga mendekati angka 14,502%. Peningkatan keandalan SPPK tata ruang secara optimum dapat menaikkan nilai keandalan SPPK sebesar 14,2475%, seluruh parameter memungkinkan untuk dilakukan optimalisasi kecuali posisi ruang. Secara total keseluruhan optimalisasi yang memungkinkan, keandalan dapat ditingkatkan sebesar 33,445% atau dari 56,93% menjadi 90,375% dengan kontribusi peningkatan keandalan terbesar dari variabel material dan tata ruang.

5.3 Novelty

Novelty pada dasarnya merupakan unsur originalitas temuan yang bersifat baru dalam artian menemukan apa yang belum ditemukan orang lain. Menemukan celah pengetahuan baru, masalah baru dan metode baru dari sekian banyak riset yang telah dilakukan (Noor, 2021). Pada pendapat lainnya menyatalam novelty adalah penemuan baru yang memiliki kebaruan atau syarat kebaruan (R. F. Prasetyo & Waluyo, 2023).

Belum ada penelitian yang spesifik membahas mengenai sistem proteksi pasif pada permukiman tradisional. Beberapa penelitian sejenis mengenai system proteksi kebakaran di permukiman tradisional dan permukiman bersejarah diantaranya, *Research on the Disaster Coping Capability of a Historical Village in a Mountainous Area of China: Case Study in Shangli, Sichuan* (Du dkk., 2016), membahas tentang ketersediaan fasilitas dan infrastruktur dalam penanganan kebakaran, termasuk didalamnya ketersediaan mobil dan regu pemadam kebakaran, serta kondisi *hydrant* yang tersedia di lapangan. Penelitian selanjutnya *Local wisdom Based tourist Village Organization in Lombok Tourist Area* (Irfan & Suryani, 2017) yang membahas mengenai organisasi Masyarakat dalam kemampuannya menghadapi berbagai bencana termasuk di dalamnya bencana kebakaran. Penelitian lainnya berjudul *Disaster risk in the urban villages of Delhi* (Kumar & Bhaduri, 2018), penelitian ini membahas peran sirkulasi pada imitigasi kebakaran, serta kondisi sirkulasi yang dipengaruhi oleh kepadatan penduduk dan keberadaan ruang terbuka.

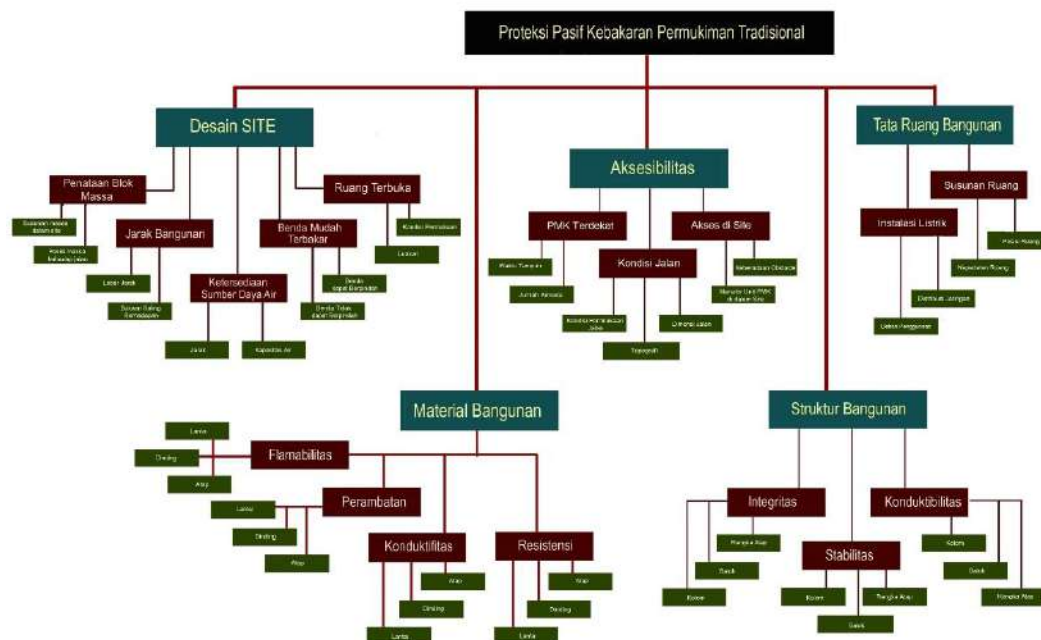
Selain itu, terdapat juga penelitian berjudul *Study on Disaster Risks and Countermeasures Influenced by the Impact of the Modernization Process in Historical Mountain Villages: A Case Study of Hazanawa Historical Village, Japan* (Li dkk., 2019), penelitian ini hanya membahas mengenai penataan sumber air dalam penanganan kebakaran pada desa bersejarah dan organisasi yang terkait dengan penanggulangan bencana (*safety management*). Terbaru adalah penelitian berjudul *Coping Capacity Assessment of Urban Fire Disaster : An Exploratory Study on Ward no: 30 of Old Dhaka Area* (Chisty & Rahman, 2020), penelitian ini membahas mengenai kerentanan desa tua terhadap kebakaran serta upaya meningkatkan kemampuan *coping capacity* masyarakat lokal. Begitu pula penelitian yang membahas mengenai SPPK, tidak ditemukan penelitian yang membahas penerapannya pada permukiman tradisional, umumnya penelitian yang ditemukan membahas SPPK yang diterapkan pada gedung. Seperti pada penelitian berjudul *The Development of Fire Risk Assessment Method for Heritage Building* (Ibrahim dkk., 2011), penelitian ini mengidentifikasi bahaya kebakaran dan akibat kebakaran pada bangunan bersejarah. Penelitian ini membahas sistem proteksi secara luas meliputi system proteksi aktif, pasif, dan manajemen kebakaran. SPPK pada penelitian ini melingkupi kompartemenisasi, jalur evakuasi, lebar koridor, jumlah jalan keluar, jarak perjalanan maksimal ke titik kumpul, tanda keluar dan aksesibilitas menuju situs.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, maka penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi untuk melengkapi kesenjangan pada penelitian-penelitian terdahulu, yaitu sistem proteksi pasif kebakaran pada permukiman

tradisional.

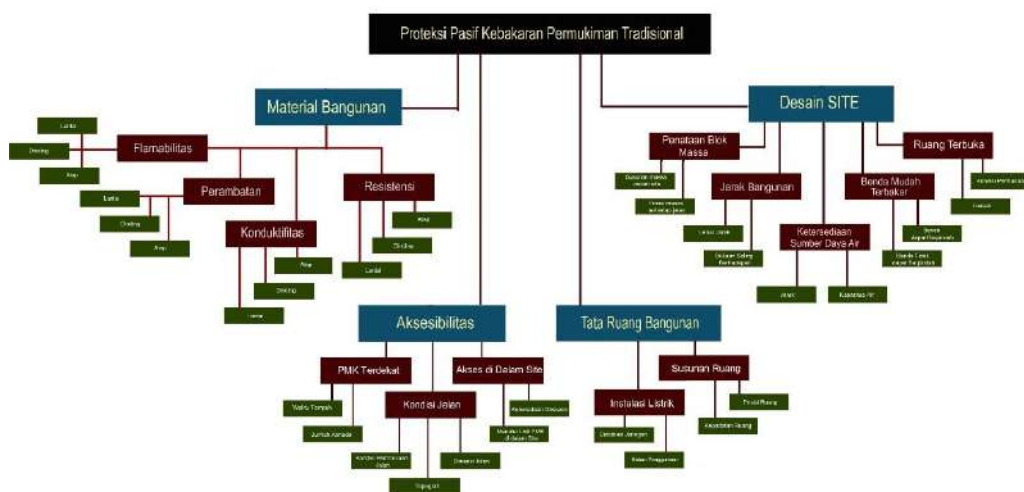
Topik penelitian ini adalah “Sistem Proteksi Pasif pada Permukiman Tradisional Batak Toba”. Berkaitan dengan orisinalitas, riset ini mencoba untuk mengisi kesenjangan yang ada pada penelitian-penelitian terdahulu. Adapun keterbaruan (*novelty*) dan orisinalitas riset ini, yaitu pada beberapa aspek :

- Kajian keilmuan *arsitektur* pada bidang “*fire safety*”
- Berorientasi pada perlindungan “*property*” daripada “*life safety*” (kasus bangunan cagar budaya),
- Berorientasi pada “sistem proteksi pasif” pada semua aspeknya yang dapat di optimalisasikan, dan
- dan “*locus*” penelitian, yaitu pada Permukiman Tradisional Batak Toba .



Gambar 5.59 Kriteria sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba berdasarkan kajian literatur

Berdasarkan paparan penelitian studi literatur terhadap kriteria/aspek yang dipersyaratkan dalam Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Permukiman Tradisional Batak Toba ditemukan bahwa beberapa kriteria dapat kontekstual penerapannya pada kondisi objek yang diteliti yaitu “Permukiman Tradisional” adalah sesain *site*, aksesibilitas, struktur, material dan tata ruang bangunan yang kemudian menjadi variabel penelitian (Gambar 5.59).



Gambar 5.60 Kriteria sistem proteksi pasif kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba

Variabel struktur pada SPPK tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat proteksi kebakaran objek penelitian yang berfokus pada *property safety*. Sehingga dapat disimpulkan kriteria yang dapat kontekstual terhadap sistem proteksi pasif yang berfokus pada *property safety* adalah desain *site*, aksesibilitas, struktur, material, dan tata ruang (Gambar 5.60).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Sistem proteksi pasif kebakaran pada bangunan bertujuan untuk melindungi bangunan dari kebakaran, meminimalisasi intensitas terjadinya kebakaran, memberi waktu bagi penghuni untuk menyelamatkan diri (jiwa, properti dan dampak lingkungan), menjamin keberlangsungan fungsi bangunan, dan memberi kemudahan petugas pemadam kebakaran dalam operasi penyelamatan dan penanggulangan (Suprpto, 2017). Sistem Proteksi Pasif Kebakaran terbangun pada bangunan dan lingkungannya tanpa aplikasi peralatan mekanis, dalam bentuk perencanaan/rekayasa keselamatan kebakaran, sejak tahap perencanaan, konstruksi, dan operasional (Huang, 2022; NFPA, 2016).

Berdasarkan paparan penelitian studi literatur terhadap kriteria/aspek yang dipersyaratkan dalam sistem proteksi pasif kebakaran bangunan ditemukan bahwa beberapa kriteria dapat kontekstual penerapannya pada kondisi objek penelitian yaitu Permukiman Batak Toba adalah desain *site*, aksesibilitas, struktur, material, dan tata ruang bangunan yang kemudian menjadi variabel penelitian. Selanjutnya, setelah dilakukan rangkaian penelitian, ditemukan hasil bahwa persentase hierarki kepentingan variabel SPPK, untuk kasus Permukiman Tradisional Batak Toba adalah variabel material, (41,47%), tata ruang (30,37%) dan desain *site* (15,10%), aksesibilitas (9,09%), dan struktur (3,97%) (Tabel 5.7). Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa yang paling berpengaruh terhadap keandalan SPPK permukiman

tradisional adalah material dan yang paling tidak berpengaruh adalah struktur.

Variabel Struktur memiliki nilai hierarki 3,97% yang artinya variabel struktur pada SPPK memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap tingkat proteksi kebakaran objek penelitian. Berdasarkan hasil wawancara dengan dinas pemadam setempat, bangunan rumah tradisional dapat terbakar habis kurang dari setengah jam, sehingga tindakan yang dapat dilakukan pemadam kebakaran adalah mencegah agar kebakaran tidak meluas. Bangunan rumah tradisional yang sudah mulai terbakar umumnya tidak dapat diselamatkan karena proses terbakarnya yang begitu cepat, sehingga yang menjadi fokus adalah pencegahan timbulnya api, pencegahan merambatnya api dalam satu bangunan dan pencegahan menyebarnya api ke bangunan lain. Selain itu, proteksi struktur lebih berorientasi pada keselamatan evakuasi penghuni dalam bangunan, yang dalam hal ini, berdasarkan statistik, bukan masalah utama proteksi objek penelitian. Objek bangunan relatif kecil, proses evakuasi cepat dan minim jumlah resiko kematian.

Variabel Struktur, dimaksudkan untuk pertahanan akhir sebelum bangunan habis terbakar, sehingga dapat memberi waktu yang cukup untuk penghuni berevakuasi. Sistem perlindungan terhadap kebakaran yang dilaksanakan dengan melakukan pengaturan terhadap komponen bangunan gedung dari aspek struktur sedemikian rupa bertujuan untuk dapat melindungi penghuni dan benda di dalam bangunan dari kerusakan fisik saat terjadi kebakaran (Kepmen PU 10/KPTS/2000). Struktur bangunan harus bertahan dalam jangka yang lama untuk memungkinkan evakuasi terlaksana dengan maksimal sebelum bangunan kolaps (Chow, 2005).

Maka dapat disimpulkan, bahwa variabel struktur menjadi aspek yang berpengaruh minimal dalam perannya sebagai proteksi pasif kebakaran karena struktur menjaga bangunan tetap berdiri untuk memberikan waktu bagi penghuni berevakuasi. Dalam hal bangunan rumah tradisional batak toba yang berukuran kecil, adalah sangat memungkinkan penghuni untuk seketika berevakuasi. Selain itu, yang menjadi fokus pada kasus kebakaran rumah tradisional adalah keselamatan properti.

Variabel desain *site* berperan dalam mencegah penyebaran api ke bangunan lain. Jarak yang pendek antar bangunan merupakan faktor risiko dalam meningkatkan penyebaran api dalam waktu yang singkat. Jaringan instalasi listrik yang berdekatan pada bangunan rumah tradisional juga merupakan faktor risiko (Durak dkk., 2011). Sehingga penataan desain *site* yang baik dapat membantu mencegah penyebaran api. Variabel Aksesibilitas, tujuan utama desain aksesibilitas dalam sistem proteksi pasif kebakaran adalah untuk memastikan pengguna bangunan dapat menyelamatkan diri dengan baik, selain itu juga digunakan untuk akses pemadam kebakaran (Anderberg, 2011; Watts & Kaplan, 1998). Mengakomodasi akses pemadam kebakaran dimaksudkan juga untuk mencegah api menyebar ke bangunan lain. Aksesibilitas yang baik memudahkan pemadam kebakaran bekerja dengan efektif untuk segera memadamkan api.

Berdasar hasil penelitian, variabel material menjadi aspek proteksi pasif kebakaran paling dominan. Hierarki variabel material memiliki persentase nilai sebesar 41,47%. Kebakaran terjadi karena adanya tiga faktor yang menjadi unsur api yaitu Bahan bakar (Fuel), Sumber panas (Heat), dan oksigen (Kelvin, 2015).

Material bangunan menjadi sumber bahan bakar api ketika kebakaran terjadi. Oleh karena itu, upaya pencegahan kebakaran adalah dengan meningkatkan daya tahan material (khususnya kayu) terhadap bahaya kebakaran atau api (White & Dietenberger 1999). Sistem proteksi pasif pada material berperan mencegah api menjadi kebakaran dengan cara memutus rantai tiga faktor pembentuk api dengan menghilangkan unsur bahan bakar.

Pada variabel tata ruang terdapat indikator instalasi listrik dan susunan ruang. Pemasangan Jaringan listrik yang tidak sesuai persyaratan akan sangat rentan menyebabkan terjadinya konsleting karena beban berlebih atau sambungan yang tidak pas (Pabla, 1995). Saklar atau stop kontak yang tidak terpasang sempurna sehingga menggantung; tidak menggunakan pelinding pipa PVC maupun klem pada penyusunan dan peletakan kabel memperbesar resiko kerusakan isolasi (Yuniarti dkk., 2018). Kedua kondisi tersebut dapat menjadi sumber panas (heat). Sedangkan susunan ruang, berhubungan erat dengan faktor bahan bakar api (fuel) dan juga sumber panas (heat). Perletakan ruang yang berpotensi menjadi faktor sumber panas seperti dapur dengan fungsinya sebagai ruang memasak dengan peralatannya seperti kompor gas, kayu bakar, rice cooker, dll, menjadi hal yang perlu penataan untuk meningkatkan proteksi pasif bangunan.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa Sistem Proteksi Pasif Kebakaran pada Permukiman Tradisional Batak Toba terdiri dari empat variabel utama, yaitu desain *site*, aksesibilitas, material, dan tata ruang. Selanjutnya, hasil evaluasi kondisi eksisting keandalan Sistem Proteksi Pasif pada kasus objek penelitian, yaitu Permukiman Tradisional Batak Toba, pada Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean,

memiliki nilai persentase capaian keandalan sebesar 56,93 % yang artinya objek termasuk dalam kategori berisiko sedang-tinggi. Variabel Aksesibilitas, variabel yang paling buruk penilaian SPPK nya (41,5897%) (Tabel 5.14). Penyebab hal ini karena peran PMK (Pemadam Kebakaran) yang sangat minimal dalam proteksi resiko kebakaran, infrastruktur yang belum memadai sesuai standar persyaratan, serta lokasi objek penelitian yang cukup jauh, adanya banyak rintangan operasional, sehingga PMK tidak cukup waktu untuk penanggulangan. Urutan mulai dari terendah berikutnya diikuti oleh desain *site* (50,2649%), tata ruang (51,5393%), dan material bangunan (65,029%), sedangkan struktur dinilai paling andal (74,28%). Variabel Struktur memiliki tingkat keandalan paling baik dalam SPPK objek penelitian (74,12%), karena paling terakhir runtuh eksistensinya, tapi tidak banyak pengaruh terhadap eksistensi keseluruhan SPPK objek penelitian (2,94%). Hasil ini semakin menegaskan struktur merupakan variabel yang tidak berpengaruh signifikan terhadap SPPK objek penelitian.

Sebagaimana hierarki variabel, nilai performa keandalan juga menjadi pertimbangan dalam menyusun rekomendasi optimalisasi. Meta analisa menghasilkan hierarki prioritas optimalisasi dengan angka variabel Tata Ruang (34,17%) dan Material (33,67%) adalah variabel yang menjadi prioritas untuk di optimalisasi, diikuti selanjutnya oleh desain *site* (17,44%), aksesibilitas (12,33%), dan struktur (2,386%).

Dari proses ini didapatkan hasil bahwa meskipun aksesibilitas adalah variabel yang paling buruk penilaian SPPK nya (41,59% dalam skala 100%) (Tabel 5.14), namun bukan berarti variabel ini yang harus diprioritaskan optimalisasinya. Nilai ini

disebabkan adanya pengaruh hierarki kepentingan variabel. Aksesibilitas memiliki nilai hierarki yang kecil, optimalisasi pada variabel ini tidak dapat memberi dampak yang signifikan terhadap peningkatan keandalan SPPK permukiman tradisional. Berdasarkan hasil meta analisa, yang menjadi prioritas untuk dioptimalisasi adalah tata ruang, kemudian material, ketiga desain *site*, keempat aksesibilitas, dan yang terakhir struktur.

6.2 Saran

Disertasi ini membatasi penilaian keandalan Sistem Proteksi Pasif Kebakaran berbasis teori penelitian spek-aspek SPPK dari kajian dan penelitian terdahulu, serta analisis subjektif ahli. Hasilnya adalah ditemukan empat variabel diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan, penilaian, dan pertimbangan dalam penanganan kerentan permukiman tradisional terhadap bahaya kebakaran serta menjadi milestone penelitian-penelitian berikutnya. Diharapkan akan adanya penelitian lebih detail yang dilakukan dengan melakukan penelitian Sistem Proteksi Pasif Kebakaran (SPPK) Pemukiman Tradisional Batak Toba melalui pengujian langsung berbasis kinerja terhadap objek penelitian.

Pengembangan juga dapat ditindaklanjuti dengan melakukan penelitian lebih kepada salah satu variable yang paling berpengaruh terhadap kinerja SPPK pada objek Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Pemukiman Tradisional Batak Toba. Dalam hal ini Variabel Material yang menurut hasil penelitian ini memiliki porsi terbesar pengaruhnya terhadap kinerja keandalan SPPK objek penelitian

Penelitian ini menemukan fakta khusus dari sisi aspek fisik objek penelitian yang dapat menjadi gagasan penelitian terhadap fenomena SPPK objek yang diteliti. Sehingga, aspek non fisik seperti pengaruh unsur sosial budaya manusia, peraturan adat, peraturan perundangan, dapat dilakukan sebagai penelitian lanjutan untuk dapat melengkapi fenomena SPPK objek yang diteliti secara lebih sempurna.

Hasil observasi pada kasus eksisting yaitu Permukiman Tradisional Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, telah banyak di support Sistem Proteksi Aktif Kebakaran (SPAK) sebagai proteksi, dimana analisa penelitian ini tidak menyertakannya sebagai unsur yang dinilai sebagai pendukung kinerja proteksi kebakaran. Sehingga, penelitian lanjutan juga dapat disarankan untuk menilai keandalan sistem proteksi kebakaran objek penelitian menjadi lebih utuh.

Berdasarkan hasil observasi, kerap terjadi kebakaran pada objek permukiman tradisional. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran publik akan tingkat resiko kebakaran permukiman tradisional. Sebagaimana hasil penilaian keandalan SPPK terhadap Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean yang mendapatkan nilai 56,93 % yang artinya objek termasuk dalam kategori berisiko sedang-tinggi. Hal tersebut diharapkan dapat membangkitkan kesadaran pihak-pihak terkait, bahwa masih perlu dilakukan optimalisasi terhadap keandalan SPPK Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean untuk melindunginya dari dampak kerusakan akibat kebakaran.

Selain itu dengan adanya riset optimlaisasi keandalan SPPK eksisting ini, diharapkan dapat menjadi masukan untuk dilakukan penelitian-penelitian yang lebih signifikan dengan tujuan untuk meminimalisasi dampak dari kebakaran

dengan meningkatkan kinerja SPPKnya. Tata ruang dengan dengan persentase 34,17% menunjukkan variabel inilah yang harus diutamakan optimalisasinya, kedua material dengan persentase 33,67%, ketiga desain *site* dengan persentase 17,438, keempat aksesibilitas dengan persentase 12,329%, dan yang kelima adalah struktur dengan persentase 2,386%.

Usulan yang direkomendasikan untuk optimalisasi keandalan SPPK Permukiman Tradisional Batak Toba variabel tata ruang, yaitu perbaikan desain pada jaringan listrik permukiman terkait jaringan perkabelan di dalam bangunan. Membungkus pipa conduit untuk melindungi kabel dari kerusakan fisik, sekaligus tidak bersentuhan langsung dengan material konstruksi adalah usulan yang dapat dilakukan. Kemudian, desain instalasi dan pembebanan, lampu, saklar dan stop kontak, perlu disesuaikan kebutuhan, agar tidak mudah menyebabkan panas, korsleting (arus pendek) yang menjadi penyebab sebagian besar terjadinya kebakaran. Selanjutnya, perlindungan tambahan area rawan terbakar (dapur), misalnya dengan pelapis material area tungku memasak, agar tidak mudah /mencegah penjararan pada material konstruksi ruangan. Dan yang terakhir, desain tata udara ruangan dapur, untuk menghindari terjadinya kebocoran gas yang dapat menimbulkan ledakan dan kebakaran.

Usulan yang direkomendasikan untuk optimalisasi keandalan SPPK Permukiman Tradisional Batak Toba variabel material, yaitu peningkatan keandalan material (flamabilitas, konduktivitas dan resistensi), misalnya dengan memberi lapis coating khusus untuk pencegahan penjararan, dan meningkatkan nilai temperatur bakar material bangunan. Kemudian, meningkatkan resistensi

material, khususnya material antar bangunan yang berdekatan, misalnya dengan memberi penghalang penjalaran. Selanjutnya, mengganti material konstruksi yang rapuh (yang akan mudah terbakar) dengan material yang baru.

Usulan yang direkomendasikan untuk optimalisasi keandalan SPPK Permukiman Tradisional Batak Toba variabel desain *site*, yaitu desain tata ruang luar, misalnya dengan perencanaan penempatan barang dan kendaraan pada *site*, untuk menghindari perletakan materi mudah terbakar untuk pencegahan penjalaran kebakaran antar bangunan. Kemudian, perbaikan perkerasan area open space pada *site* untuk akses dan manuver PMK. Selanjutnya, penyediaan Sumber Air sekitar *site*, dengan menyiapkan tendon atau bak penampung dan perlengkapan instalasi dan aksesibilitasnya.

Usulan yang direkomendasikan untuk optimalisasi keandalan SPPK Permukiman Tradisional Batak Toba variabel aksesibilitas, yaitu perencanaan dan desain untuk kemudahan Pemadam Kebakaran ke tujuan objek penelitian, melalui peran pemerintah dalam penyediaan dan perbaikan fasilitas struktur dan infrastruktur. (misalnya dengan menambah Pos PMK dengan perencanaan letak Pos Pemadam yang lebih strategis dan mencakup perencanaan jumlah dan wilayah pelayannannya, penguatan SDM dan peralatan PMK, pengadaan dan perbaikan jalan ke lokasi). Kemudian, perbaikan sirkulasi di dalam *site*, untuk memfasilitasi kerja dan manuver PMK, melalui perbaikan lintasan masuk dan keluar PMK (perkerasan lintasan, lebar/luasan jalan, akses in-out PMK).

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiidjaja, R. (2012). Studi tingkat keandalan sistem proteksi kebakaran pada bangunan apartemen (Studi Kasus Apartemen Di Surabaya). *DIMENSI (Jurnal Teknik Arsitektur)*, 39(1), 15–21. <https://doi.org/10.9744/dimensi.39.1.15-22>
- Afifi, A. (2018). *FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PEMILIHAN ALTERNATIF PEMBANGUNAN TEROWONGAN JALAN DI INDONESIA*. 4(01).
- Akaa, O. U., Abu, A., Spearpoint, M., & Giovinazzi, S. (2016). *A group-AHP decision analysis for the selection of applied fire protection to steel structures*. 86(March), 95–105.
- Akimoto, Y., Ikuyo, K., Himoto, K., Hokugo, A., Sugimoto, R., & Tanaka, T. (2007). *FIRE RISK ASSESSMENT OF JAPANESE TRADITIONAL WOODEN DISTRICT BASED ON PHYSICS-BASED MODEL FOR URBAN FIRE SPREAD- A STUDY ON EFFECTIVENESS OF FIRE FIGHTING ACTIVITIES OF COMMUNITY RESIDENTS IN KYOTO SANNEIZAKA DISTRICT*.
- Alim, M. I., Mardiana, D., A, A. D., & Anggoro, D. (2020). *Uji Konduktivitas Termal Material Non Logam*. January 2017.
- Amerika, S. N. (2007). *Uji Kebakaran Konstruksi dan Material Bangunan*1. 1–22.
- Amin, M. Z. (2012). *Pengaruh Tingkat Inflasi, Suku Bunga SBI, Nilai Kus Dollar (USD/IDR) dan Indeks Dow Jones (DJIA) Terhadap Pergerakan Indeks Harga Saham Gabungan Di Bursa Efek Indonesia (BEI) (Periode 2008-2011)*. 1–17.
- Anderberg, Y. (2011). Passive Fire Protection Measures. In *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. <https://www.iloencyclopaedia.org/part-vi-16255/fire/item/759-passive-fire-protection-measures>
- Anwar, Y., Setyasih, I., & Risaldi, A. (2021). Analisis Spasiotemporal Kejadian Kebakaran Bangunan di Kota Samarinda. *Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 9(2), 82–90.

- Arrazy, S., Sunarsih, E., & Rahmiwati, A. (2014). *RUMAH SAKIT DR . SOBIRIN KABUPATEN MUSI RAWAS TAHUN 2013 IMPLEMENTATION OF FIRE SAFETY MANAGEMENT SYSTEM AT DR . SOBIRIN HOSPITAL DISTRICT OF MUSI RAWAS 2013 Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat PENDAHULUAN bangunan yang digunakan 24 jam sebagai rumah sakit y. 5, 103–111.*
- Aryswan, A., Hakim, R., & Saputra, M. R. (2019). Analisa Kekasaran Permukaan Prodeuk Mesin Cetak Tiga Dimensi Dengan maerial Acrylonitrile Butadiene Styrene Terlapis Cat Emulsi. *Jurnal Teknologi & Riset Terapan*, 1(2), 72–75.
- Asgary, A., Ghaffari, A., & Levy, J. (2010). Spatial and temporal analyses of structural fire incidents and their causes: A case of Toronto, Canada. *Fire Safety Journal*, 45(1), 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.10.002>
- Assosiaction, N. F. P. (NFPA). (2006). *NFPA 1 Code Uniform Fire*.
- Auliawati, N., Triyono, A., & Rahayu, D. (2020). ANALISIS PENERAPAN PENANGGULANGAN KEBAKARAN DI PROYEK WASKITA RAJAWALI TOWER CAWANG JAKARTA TIMUR. *Muhammadiyah Public Health*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 04-0225-2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta : BSN
- Badan Standarisasi Nasional . 2015. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). Jakarta : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. Tata cara perencanaan akses bangunan dan akses lingkungan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung . SNI 03-1735-2000. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu. SNI 7973-2013. Jakarta
- Barua, A. (2013). METHODS FOR DECISION-MAKING IN SURVEY QUESTIONNAIRES BASED ON LIKERT SCALE Ankur Barua. *Journal of Asian Scientific Research Journal*, 3(1), 35–38.
- Bilge, B. (2019). *Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri Kapsamında İç Mekan Tasarım Yaklaşımı – Yeniden İşlevlendirilen Tarihi Bandabuliya Binası Kaçış Yolları Değerlendirmesi Interior Design Approach As Part of Passive Fire Safety Measures – Evaluation of the Re-Used Historical*. 14(3), 397–409.

<https://doi.org/10.14744/MEGARON.2019.13008>

- Bronto, S. (2006). *Fasies gunung api dan aplikasinya*. 1(2), 59–71.
- Buchanan, A. H. (2000). Fire performance of timber construction. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 2(3), 278–289. [https://doi.org/10.1002/1528-2716\(200007/09\)2:3<278::aid-pse33>3.3.co;2-g](https://doi.org/10.1002/1528-2716(200007/09)2:3<278::aid-pse33>3.3.co;2-g)
- Buchanan, A. H., & Abu, A. K. (2017). *Structural Design For Fire Safety* (Second). Wiley. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=o7fBDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=Structural+Design+For+Fire+Safety,+Buuchanan+%26+Abu,+2017&ots=KNSqMTOzu5&sig=un5V4yCZmjGC3fBfRcTdD0gG6Y&redir_esc=y#v=onepage&q=Structural+Design+For+Fire+Safety%252C+Buuchanan+%25
- Budiaji, W. (2013). Skala Pengukuran dan Jumlah Respon Skala Likert (The Measurement Scale and The Number of Responses in Likert Scale). *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 2(2), 127–133.
- Chen, M., Wang, K., Dong, X., & Li, H. (2020a). *Emergency rescue capability evaluation on urban fire stations in China*. 135, 59–69.
- Chen, M., Wang, K., Dong, X., & Li, H. (2020b). Emergency rescue capability evaluation on urban fire stations in China. *Process Safety and Environmental Protection*, 135, 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.12.028>
- Chisty, M. A., & Rahman, M. M. (2020). Coping capacity assessment of urban fire disaster: An exploratory study on ward no: 30 of Old Dhaka area. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51(September), 101878. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101878>
- Chorlton, B., & Gales, J. (2020a). Fire performance of heritage and contemporary timber encapsulation materials. *Journal of Building Engineering*, 29(January), 101181. <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101181>
- Chorlton, B., & Gales, J. (2020b). Fire performance of heritage and contemporary timber encapsulation materials. *Journal of Building Engineering*, 29(January), 101181. <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101181>
- Chow, W. K. (2005). Building fire safety in the far east. *Architectural Science*

- Review*, 48(4), 285–294. <https://doi.org/10.3763/asre.2005.4836>
- Ciudad, A., Lacasta, A. M., Haurie, L., Formosa, J., & Chimenos, J. M. (2011). Improvement of passive fire protection in a gypsum panel by adding inorganic fillers : Experiment and theory. *Applied Thermal Engineering*, 31(17–18), 3971–3978. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.07.048>
- Creswell, J. W. (2010). *Research design: pendekatan kualitatif, kuantitatif, dan mixed*. Yogyakarta: PT Pustaka Pelajar
- Damayanti, D., Suunarti, N., & Tauriq, O. H. (2021). *EFEKTIVITAS PELAYANAN PEMADAMAN KEBAKARAN OLEH UNIT PELAKSANA TEKNIK DINAS PEMADAM*. 7, 151–161.
- Damayanti, F., & Ningrum, D. (2021). *Kajian Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran pada Pagar Tradisional Lawang*. 19(1), 36–47.
- Dârmon, R., & Lalu, O. (2019). The fire performance of Cross Laminated Timber beams. *Procedia Manufacturing*, 32, 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.192>
- Dârmon, R., & Suciu, M. (2018). Smoke ventilation strategy for a timber structure building. *Procedia Manufacturing*, 22, 249–255. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.038>
- Dietenberger, M. A., Hasburgh, L. E., & Yedinak, K. M. (2021). *Fire Safety of Wood Construction*.
- Dinwoodie, J.M. (2000) *Timber: Its Nature and Behaviour*. 2nd Edition, E & FN Spon, London. <https://doi.org/10.4324/9780203477878>
- Domenig, G. (2008). Timber orientation in the traditional architecture of Indonesia. *Bijdragen Tot de Taal-, Land- En Volkenkunde*, 164(4), 450–474. <https://doi.org/10.1163/22134379-90003651>
- Donahue, M. A., & Hendershot, M. E. (2021). The 3Es (Education, Engineering, and Enforcement) of Fire Prevention Services in the Age of Local Government Retrenchment. *Ifsjlm.Org*, 15. <https://www.ifsjlm.org/sites/default/files/IFSJLM-Vol15.pdf#page=45>
- Du, F., Kobayashi, H., Okazaki, K., & Ochiai, C. (2016). Research on the disaster coping capability of a historical village in a mountainous area of China : case study in Shangli , Sichuan. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 218,

- 118–130. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.04.015>
- Du, F., & Okazaki, K. (2016). International Journal of Disaster Risk Reduction Building improvement responses to multi-hazard risk in the historic Dali Dong Village, Guizhou, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.08.014>
- Du, F., Okazaki, K., & Ochiai, C. (2017). International Journal of Disaster Risk Reduction Disaster coping capacity of a fi re-prone historical dong village in China : A case study in Dali Village , Guizhou. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21(November 2016), 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.10.016>
- Durak, S., Erbil, Y., & Akıncıtürk, N. (2011). *Sustainability of an Architectural Heritage Site in Turkey : Fire Risk Assessment in Misi Village*. 3058. <https://doi.org/10.1080/15583051003642721>
- Effendi, A. H. (2007). *NATRIUM SILIKAT SEBAGAI BAHAN PENGHAMBAT API AMAN LINGKUNGAN*. 2(2).
- Emberley, R., Inghelbrecht, A., Yu, Z., & Torero, J. L. (2016). Self-extinction of timber. *Proceedings of the Combustion Institute*, 36(2), 3055–3062. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2016.07.077>
- Endaryono, B. T., & Djuhartono, T. (2017). *Indikator Pembangunan Pendidikan Untuk Masyarakat Berkarakter di Indonesia*. 4(3), 301–306.
- Fadilah, F., Supriyanto, & Fathimah, A. (2019). *KAJIAN SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN GEDUNG INSTALASI GAWAT DARURAT (IGD) RUMAH SAKIT UMUM DAERAH LEUWILIANG KABUPATEN BOGOR TAHUN 2018*. 2(2).
- Fahrni, R., Klippel, M., Just, A., Ollino, A., & Frangi, A. (2017). Fire tests on glued-laminated timber beams with specific local material properties. *Fire Safety Journal*, 107(May), 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.11.003>
- Fitri, I. (2004). *A Study on Spatial Arrangement of Toba Batak Dwelling and Its Changes*. March 2004. https://www.researchgate.net/publication/42322366_A_Study_on_Spatial_Arrangement_of_Toba_Batak_Dwelling_and_It's_Changes
- Fitriyani, L. R., & Rachmawati, D. (2022). *Komunikasi Partisipatif Pemberdayaan*

- Masyarakat Kampung Ulos dalam mengembangkan*. 5(02), 156–167.
- Garland, R. (1991). *The Mid-Point on a Rating Scale : Is it Desirable ?* 2, 66–70.
- Gašparík, M., Osvaldová, L. M., Čekovská, H., & Potůček, D. (2017). *Flammability Characteristics of Thermally Modified Oak Wood Treated with a Fire Retardant*. 12, 8451–8467.
- Gerzhova, N., Dagenais, C., Ménard, S., Blanchet, P., & Côté, J. (2022). A Parametric Study of Fire Risks of Green Roofs to Adjacent Buildings. *Fire*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/fire5040093>
- Gill, P., Stewart, K., Treasure, E., & Chadwick, B. (2008). Methods of data collection in qualitative research: Interviews and focus groups. *British Dental Journal*, 204(6), 291–295. <https://doi.org/10.1038/bdj.2008.192>
- Gomez, A. G., Oakes, W. C., and Leone, L. L. (2006). *Engineering your future: A project-based introduction to engineering*. Wildwood, MO: Great Lakes Press, Inc.
- Hadi, S. (2001). *Metodologi research untuk penulisan paper, skripsi (Doctoral dissertation, Thesis dan Disertasi, Jilid Tiga*. (3rd ed.). Andi.
- Hadyan, M. N., Osman, W. W., & Rasyid, A. R. (2022). *Arahan Pencegahan Bahaya Kebakaran di Kawasan Permukiman Penduduk Kelurahan Banta-Bantaeng , Kota Makassar*. 10(2), 146–156.
- Hagen, M., Hereid, J., Delichatsios, M. A. Å., Zhang, J., & Bakirtzis, D. (2009a). *Flammability assessment of fire-retarded Nordic Spruce wood using thermogravimetric analyses and cone calorimetry*. 44, 1053–1066. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.07.004>
- Hagen, M., Hereid, J., Delichatsios, M. A., Zhang, J., & Bakirtzis, D. (2009b). *Flammability assessment of fire-retarded Nordic Spruce wood using thermogravimetric analyses and cone calorimetry*. *Fire Safety Journal*, 44(8), 1053–1066. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.07.004>
- Hanan, H., & Meisyara, F. (2017). *Lesson Learned from the Transformation Process of Toba Batak Villages*. 35–41.
- Hariani, M. L., & Astor, Y. (2021). *Penentuan Rute Tercepat Pemadam Kebakaran di Kota Cirebon - Berdasarkan Jarak , Waktu Kejadian , Tingkat Kemacetan dan Jenis Penggunaan Lahan Cirebon City - Based on Distance , Hour of*

- Accident , Congestion , and*. 5, 275–288.
- Haristianti, V., Linggasani, M. A. W., Sabatini, S. N., & Hartabela, D. (2019a). *Proteksi risiko kebakaran di perumahan*. 2, 1–11.
- Haristianti, V., Linggasani, M. A. W., Sabatini, S. N., & Hartabela, D. (2019b). *Proteksi risiko kebakaran di perumahan (Studi Kasus : Perumahan Baru di Keluarahan Cigadung, Bandung)*. 2, 1–11. <https://doi.org/http://10.17509/jaz.v2i1.15061> PROTEKSI
- Harper, C. A. (2004). *Handbook of Building Materials for Fire Protection Materials and Devices for Electronics on Unconventional Substrates – Electrotiles and Giant- Area Flexible Circuits , vol . Annual Review of Materials*. 66–67.
- Hassanain, M. A., Hafeez, M. A., & Anibire, M. O. S. (2017). A ranking system for fire safety performance of student housing facilities. *Safety Science*, 92, 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.10.002>
- Hasugian, M. H. (2016). *IMPLEMENTASI ALGORITMA SIMPLE HILL CLIMBING PADA APLIKASI GAME TTS (TEKA – TEKI SILANG)*. 19(1), 138–141.
- Hayatunnufus, A., Nugroho, N., & Bahtiar, E. T. (2022). *Faktor Stabilitas Balok Kayu pada Konfigurasi Pembebanan Terpusat*. 07(02), 129–146. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.2.129-146>
- Hesna, Y., Hidayat, B., & Suwanda, S. (2009). *Evaluasi penerapan sistem keselamatan kebakaran pada bangunan gedung rumah sakit dr. m. djamil padang*. 5(2), 65–76.
- Hidayat, A. A. (2021). *Menyusun instrumen penelitian & uji validitas-reliabilitas*. Health Books Publishing.
- Himoto, K., Shinohara, M., Sekizawa, A., Takanashi, K. ichi, & Saiki, H. (2018). A field experiment on fire spread within a group of model houses. *Fire Safety Journal*, 96(March 2018), 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2018.01.003>
- Huang, D., Li, L., Zhang, H., Shi, L., Xu, C., Li, Y., & Yang, H. (2009). Recent progresses in research of fire protection on historic buildings. *Journal of Applied Fire Science*, 19(1), 63–81. <https://doi.org/10.2190/AF.19.1.d>

- Huang, H., Li, L., & Gu, Y. (2022). *ScienceDirect Assessing the accessibility to fire hazards in preserving historical towns : Case studies in suburban Shanghai , China*. 11. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2022.03.001>
- Hutabarat, M. G., & Tobing, R. R. (2019). RELATION BETWEEN PHYSICAL SPATIAL ORDER OF SETTLEMENT WITH BATAK TOBA SOCIETY ' S KIN RELATIONSHIP ST UDY OBJECT : HUTA GINJANG VILLAGE , SIANJUR MULA-MULA. *Jurnal RISA (Riset Arsitektur)*, 03(03), 277–294.
- Ibrahim, M. N., Hamid, K. A., Ibrahim, M. S., Din, A. M., Yunus, R. M., & Yahya, M. R. (2011). The development of fire risk assessment method for heritage building. *Procedia Engineering*, 20, 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.172>
- Irfan, M., & Suryani, A. (2017). Local Wisdom Based Tourist Village Organization in Lombok Tourist Area. *International Journal of English Literature and Social Sciences*, 2(5), 73–82. <https://doi.org/10.24001/ijels.2.5.10>
- Iswanto, D. (2008). *Aplikasi ragam hias jawa tradisonal pada rumah tinggal baru*. 90–97.
- Jelenewicz. (2008). *The Basics of Passive Fire Protection*.
- Jeumpa, K., & Hadibroto, B. (2013). Aspek Perancangan Kenikmatan Fisik Bangunan Terhadap Pengaruh Iklim. *Majalah Ilmiah Bina Teknik*, 1(1), 68–74.
- Juwariyah, T., Prayitno, S., & Mardhiyya, A. (2018). *Perancangan Sistem Deteksi Dini Pencegah Kebakaran Rumah Berbasis IoT (Internet of Things) Tatik Juwariyah *, Sugeng Prayitno , Akalily Mardhiyya*. 57–62.
- Kelley, T. R. (2010). Optimization, an important stage of engineering design. *Technology Teacher*, 69(5), 18–23. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=47758687&site=ehost-live>
- Kelvin, Yuliana, P. E., & Rahayu, S. (2015). Pemetaan Lokasi Kebakaran Berdasarkan Prinsip Segitiga Api Pada Industri Textile. *Seminar Nasional "Inovasi Dalam Desain Dan Teknologi,"* 5, 36–43.
- Kementerian PU. (2008). Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. *Permen PU No.26/PRT/M/2008*, 1–311.

- Kementrian, P. (2020). *Kementerian PUPR Mulai Penataan Kampung Ulos Samosir*. Kementerian PUPR. <https://pu.go.id/berita/kementerian-pupr-mulai-penataan-kampung-ulos-samosir>
- Kementerian Dalam Negeri. 2016. Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 19 tahun 2016 tentang Pedoman Pengelolaan Barang Milik Daerah. Jakarta: Kementerian Dalam Negeri.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, Pub. L. No. No/.26 (2008).
- Kidd, S. (1995). *Heritage Under Fire (A Guide To The Protection Of Historic Buildings)* (Second). Fire Protection Association.
- Kim, M., Kim, B., Kim, M., & Lim, H. (2018). Case Studies on different software tools for Numerical Modeling of Passive Fire Protection. *Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting*, 25–27.
- Koutsomarkos, V., Rush, D., Jomaas, G., & Law, A. (2020). Tactics, objectives, and choices: Building a fire risk index. *Fire Safety Journal*, 119(October 2020), 103241. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103241>
- Kowara, R. A., & Martiana, T. (2017). ANALISIS SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN DAN PENANGGULANGAN KEBAKARAN (Studi di PT. PJB UP Brantas Malang). *Jurnal Manajemen Kesehatan*, 3(1), 70–85.
- Kumar, B., & Bhaduri, S. (2018). International Journal of Disaster Risk Reduction Disaster risk in the urban villages of Delhi. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, August 2017, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.04.022>
- Kuntoro, C. (2017a). *Implementasi Manajemen Risiko Kebakaran Berdasarkan (Is) Iso 31000 Pt Apac Inti Corpora*.
- Kuntoro, C. (2017b). IMPLEMENTASI MANAJEMEN RISIKO KEBAKARAN BERDASARKAN (IS) ISO 31000 PT APAC INTI CORPORA. *HIGEIA JOURNAL OF PUBLIC HEALTH RESEARCH AND DEVELOPMENT*, 1(4), 109–119.
- Kusumawardani, Y., & Astuti, W. (2018). Evaluasi Pengelolaan Sistem Penyediaan

- Air Bersih Di Pdam Kota Madiun. *Neo Teknika*, 4(1).
<https://doi.org/10.37760/neoteknika.v4i1.1061>
- Lai, W., Lun, H. L., Qi, L., Yi, J. C., & Jiao, Y. C. (2011). Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP. *Procedia Engineering*, 11, 486–495. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.687>
- Landucci, G., Rossi, F., Nicolella, C., & Zanelli, S. (2009). *Design and testing of innovative materials for passive fire protection*. 44, 1103–1109. <https://doi.org/10.1016/j.>
- Lapenangga, A. K., Kian, D. A., & Boli, B. (2020). *Sustainable architecture : The lessons from ume kbubu , the traditional house of Fatumnasi Community*. 469–478. <https://doi.org/10.30822/arteks.v5i3.601>
- Lataille, J. I. (2003). *Fire Protection Engineering in Building Design*.
- Lee, M., Lee, S., Kang, E., & Son, D. (2019). *Combustibility and Characteristics of Wood-Fiber Insulation Boards Prepared with Four Different Adhesives*. 14(3), 6316–6330.
- Lestari, A. P. U. P. (2019). Kesiapan Prasarana Dan Sarana Proteksi Kebakaran Pada Pasar Asoka (Senggol Kreneng) Berdasarkan Permen Pu No: 20/Prt/M/2009. *Prosiding Seminar Nasional Desain Dan Arsitektur (SENADA)*, 2, 379–386.
- Lestari, F., Fikawati, S., Syafiq, A., & Sukmaningtias, A. (2011). *Kajian Keselamatan Kebakaran pada Lima Sekolah Dasar di DKI Jakarta (Fire Safety Assessment at Five Elementary Schools in DKI Jakarta)*. 23–28.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22 140, 55. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101290>
- Li, M., Hasemi, Y., Nozoe, Y., & Nagasawa, M. (2021). *International Journal of Disaster Risk Reduction Study on strategy for fire safety planning based on local resident cooperation in a preserved historical mountain village in Japan*. 56(January).
- Li, S., Yan, Q., & Liu, P. (2020). *An Efficient Fire Detection Method Based on Multiscale Feature Extraction , Implicit Deep Supervision and Channel Attention Mechanism*. 29, 8467–8475. <https://doi.org/10.1109/TIP.2020.3016431>

- Lisianti, A. N., Lestari, M., & Ainy, A. (2018). Kitchen Safety Behaviour Sebagai Upaya Preventif Kebakaran di Lingkungan Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan*, 11(2), 19–24. <https://doi.org/10.23917/jk.v11i2.7665>
- Lockhart, S. D. & Johnson, C. 1996. Engineering design communication. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Lowden, L. A., & Hull, T. R. (2013). *Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction*. 1–19.
- Lublóy, É., Takács, L., Enczel, D. I., & Cimer, Z. (2021). *Examination of the effect of fire retardant materials on timber*. June. <https://doi.org/10.1108/JSFE-11-2020-0036>
- Manik, T. M., Gultom, P., & Nababan, E. (2018). Analisis Karakteristik Fungsi Lagrange Dalam Menyelesaikan Permasalahan Optimasi Berkendala. *Talenta Conference Series: Science and Technology (ST)*, 1(1), 037–043. <https://doi.org/10.32734/st.v1i1.187>
- Mansyur, & Iskandar, A. (2017). Meta Analisis Karya Ilmiah Mahasiswa Penelitian dan Evaluasi Pendidikan. *Jurnal Scientific Pinisi*, 3(1), 72–79.
- Mantra, I. B. G. W. (2005). *KAJIAN PENANGGULANGAN BAHAYA KEBAKARAN PADA PERUMAHAN*. 3(1).
- Mareta, Y., & Hidayat, B. (2020). Evaluasi Penerapan Sistem Keselamatan Kebakaran Pada Gedung-gedung umum di Kota Payakumbuh. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(1), 65. <https://doi.org/10.25077/jrs.16.1.65-76.2020>
- Marpaung, B., Sembiring, B. P. B., Senders, R., & S.J., N. (2019). *Pengaruh Budaya Dalam Membentuk Perkampungan Di Kawasan Pangururan*. 2(1), 126–135.
- Maulinda, A., Thahir, A. R., Tundono, S., & Kridarso, E. R. (2018). *EVALUASI JALUR AKSES PEMADAM KEBAKARAN PADABALAI BESAR TEKNOLOGI ENERGI DI PUSPIPTEK-SERPONG*. 117–122.
- Meacham, B. J., Charters, D., & Johnson, P. (2016). *Building Fire Risk Analysis*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0>
- Melati, V. M., Ekawati, Kurniawan, B., & Widjasena, B. (2020). *ANALISIS RISIKO PENYEBAB KEBAKARAN DI MUSEUM RANGGAWARSITA DENGAN*

METODE LOSS CAUSATION MODEL. 8, 504–510.

- Merrill, C., Custer, R., Daugherty, J., Westrick, M., & Zeng, Y. (2007). Delivering core engineering concepts to secondary level students. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--2442>
- Mobiltex, E. C. (2006). *A Balance between Life Safety and the Preservation of Historic Buildings*. Escape Consult Mobiltex (S) Pte Ltd.
- Moleong, L. J. (2018). *Metode Penelitian Kualitatif* (37th ed.). PT Remaja Rosdakarya.
- Monika, F., Solihah, S., Prayuda, H., Tiyani, L., & Zakina, B. L. Al. (2022). *Visual Assessment pada Bangunan Gedung Terhadap Sistem Keamanan Kebakaran*. 2(1), 17–22.
- Morgan, A. B. (2021). Revisiting flexible polyurethane foam flammability in furniture and bedding in the United States. *Fire and Materials*, 45(1), 68–80. <https://doi.org/10.1002/fam.2848>
- Mróz, K., Hager, I., & Korniejenko, K. (2016a). Material solutions for passive fire protection of buildings and structures and their performances testing. *Procedia Engineering*, 151, 284–291. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.388>
- Mróz, K., Hager, I., & Korniejenko, K. (2016b). Material Solutions for Passive Fire Protection of Buildings and Structures and Their Performances Testing. *Procedia Engineering*, 151, 284–291. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.388>
- Muhammad, K. W. I., & Sufianto, H. (2018). *Tingkat Keselamatan Pasar Tradisional dari Bahaya Kebakaran (studi kasus Pasar Kepanjen)*.
- Muliawan, A., & Sari, A. D. (2023). *PELATIHAN PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KEBAKARAN PADA RUMAH DI BONTANG UTARA*. 8(April), 303–310.
- Nolan, D. P. (2017). Philosophy of Protection. *Fire Pump Arrangements at Industrial Facilities*, 11–15. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813043-8.00002-6>
- Noor, M. (2021). NOVELTY / KEBARUAN DALAM KARYA TULIS ILMIAH SKRIPSI / TESIS / DISERTASI NOVELTY / NEWS IN SCIENTIFIC

- WRITINGS THESIS AND. *Mimbar Administrasi*, 18(14–23).
- Notoatmodjo, S. (2010). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta.
- Nugraha, J. P., Alfiah, D., Sinulingga, G., Rojiati, U., Saloom, G., Johannes, R., ... & Beribe, M. F. B. (2021). *Teori perilaku konsumen*. NEM.
- Nurmayadi, D., & Huseiny, M. S. Al. (2018). *Peningkatan Kualitas Keandalan Sarana dan Prasarana Sistem Proteksi Kebakaran Pasar Tradisional di Kota Tasikmalaya*. 163–169.
- Nuryuningsih, Syuaib, M., & Rahim, R. (2009). *Efektivitas ruang terbuka publik sebagai titik kumpul bencana di kelurahan maccini sombala, sulawesi selatan*. 109–117.
- Okubo, T. (2018). Civic Fire Control System for Historic District in Kiyomizu, Kyoto—Development Project and Its Techniques for “Environmental Water Supply System (EWSS) for Disaster Prevention” to Protect Traditional Wooden Cultural Heritage Zones from Postearthquake Fire. *Integrating Disaster Science and Management: Global Case Studies in Mitigation and Recovery*, 263–276. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812056-9.00014-2>
- Östman, B. A. L. (2017). Fire performance of wood products and timber structures. *International Wood Products Journal*, 8(2), 74–79. <https://doi.org/10.1080/20426445.2017.1320851>
- Östman, B., Voss, A., Hughes, A., Hovde, P. J., & Grexa, O. (2001). *Durability of Fire Retardant Treated Wood Products at Humid and Exterior Conditions Review of literature*. 104(March), 95–104. <https://doi.org/10.1002/fam.758>
- Pabla, A. S. (1995). *Sistem distribusi tenaga listrik*. Erlangga.
- Park, S., Mishima, N., & Kwon, Y. (2016). Simulation Study on the Fire Safety of AsanOeam Folk and JeonjuHanok Village. *Proceedings of the Korea Contents Association Conference*, 259–260.
- Pasae, N., Rante, M., Sampelawang, P., & Bontong, Y. (2022). *Di Desa Lemo Menduruk*. 3(3), 2183–2188.
- Pohan, A. F., Ginting, N., & Zahrah, W. (2012). Kajian Vitalitas Lingkungan Kawasan Perdagangan. “*Kearifan Lokal Dalam Keberagaman Untuk Pembangunan Indonesia*,” 459–466.
- Polishchuk, E. Y., Sivenkov, A. B., & Kenzhehan, S. K. (2018). Heating and

- charring of timber constructions with thin-layer fire protection. *Magazine of Civil Engineering*, 81(5), 3–14. <https://doi.org/10.18720/MCE.81.1>
- Prasetyo, B. (2018). *EFEKTIFITAS PELESTARIAN CAGAR BUDAYA DALAM UNDANG-UNDANG*. 69–78.
- Prasetyo, R. F., & Waluyo. (2023). Tinjauan Yuridis New Novelty Dalam Pengajuan Permohonan Hak Paten. *Jurnal Pendidikan Sosial Humaniora*, 2(4), 84–103.
- Prasojo, A., Sulisty, J., & Listyanto, T. (2012). *Konduktivitas panas empat jenis kayu dalam kondisi kadar air yang berbeda* 1 2. 97–101.
- Prastyo, E., Hasiolan, L. B., & Warso, M. M. (2016). Pengaruh Motivasi, Kepuasan, Dan Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Honorer Dinas Bina Marga Pengairan Dan Esdm Kabupaten Jepara. *Journal of Management*, 02(02), 1–11.
- Preston, C. C., & Colman, A. M. (2000). *Optimal number of response categories in rating scales : reliability , validity , discriminating power , and respondent preferences*. 104, 1–15.
- Primadi, F., & Ima, H. (2017). *Analisis Penentuan Wilayah Manajemen Kebakaran Berdasarkan Waktu Tanggap (Response Time) di Kabupaten Lombok Barat*. 02(01).
- Prijotomo, J. (2010). Persandingan Arsitektur Barat dan Tradisional: Arsitektur Nusantara. In Seminar Nasional Jelajah Arsitektur Negeri.
- PUIL. (2011). General electrical installation requirements (PUIL) 2011. *DirJen Ketenagalistrikan, 2011(PUIL)*, 1–133.
- PUPR, K. (2022). *Buku Saku Petunjuk Konstruksi Proteksi Kebakaran*.
- Purwanti, E. (2015). Evaluasi Terhadap Lokasi Penempatan Pos Pemadam Kebakaran Di Wilayah Kota Surabaya. *Swara Bhumi*.
- Putra, M. (2017). Mixed Methods: Pengantar Dalam Penelitian Olahraga. *Jurnal Pembelajaran Olahraga*, 3(1), 11–28.
- Putri, K., & Ridlo, M. A. (2023). *Studi Literatur : Strategi Penanganan Permukiman Kumuh Di Perkotaan*. 3(1), 104–147.
- Rahadi, D. R., Jokhu, J. R., Farid, M. M., Wijonarko, & Hilda. (2023). *Pelatihan Pemadaman Kebakaran Dilingkungan Rumah*. 01(02).

- Rahmadani, S. J. D. K., Sufianto, H., & Utami, S. (2018). *Tata Ruang Pasar Tradisional terhadap Kerentana Kebakaran Studi Kasus Pasar Tekstil Klewer*. 1–11.
- Rahman, N., Ansary, M. A., & Islam, I. (2015). GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.07.003>
- Rahman, N. V. (2004). *Kebakaran, Bahaya Unpredictible, Upaya Dan Kendala Penanggulangannya*. 1–18.
- Rahman, N. V., & Oktaviani, T. (2018). Evaluation of Passive Fire Protection System on Housing Environment (A Case Study: Perumnas Helvetia Medan). *International Journal of Architecture and Urbanism*, 2(2), 175–181. <https://doi.org/10.32734/ijau.v2i2.403>
- Rahman, V. (2003). Kajian Penerapan Sistem Proteksi Pasif Desain Site Planing Pada Beberapa Kasus Rumah Susun. *Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara*, 1–18.
- Rahmat, A., Prianto, E., & Sasongko, S. B. (2018). *STUDI EVALUASI MODEL BENTUK ATAP DAN FENOMENA*. 1(2), 112–122.
- Rajamarpodang, Gultom DJ.1992. *Dalihan Na Tolu Nilai Budaya Suku Batak*. Medan:CV. Armanda.
- Ramli, S. (2010). *Petunjuk Praktis Manajemen Kebakaran*. Dian Rakyat.
- Rockafeller, R. . (2007). *Fundamentals of optimization*. Dept.of Mathematics University of Washington Seattle.
- Rohmadiani, L. D., & Kowara, R. A. (2019). Tingkat Risiko Kawasan Rawan Kebakaran Sebagai Upaya Pencegahan Dan Penanggulangan Kebakaran. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 17(1), 32–44. <https://doi.org/10.36456/waktu.v17i1.1866>
- Rossydina, A., & Prabawati, P. (2018). *Sistem Proteksi Kebakaran pada Gedung UKM Universitas Brawijaya Malang*.
- Rostiyati, A. (2013). *TIPOLOGI RUMAH TRADISIONAL KAMPUNG WANA DI LAMPUNG TIMUR* *TYPOLOGY OF TRADITIONAL HOUSE OF WANA VILLAGE IN EAST LAMPUNG*. 459–474.

- Rusman, Z., Matario, A. W., Amir, M., & Zakaria, A. (2021). Analisis Penerapan Sarana Penyelamatan Dan Sistem Proteksi Pasif Terhadap Bahaya Kebakaran (Studi Kasus : Gedung Menara Bosowa Makassar). *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, 1(1), 23. <https://doi.org/10.31963/jacee.v1i1.2671>
- S, K. J., Rezagama, A., & Handayani, D. S. (2015). *PERANCANGAN LETAK HIDRAN KEBAKARAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM (STUDI KASUS: KECAMATAN SAYUNG, KABUPATEN DEMAK) Khanata Jati S*)*, Arya Rezagama**), Dwi Siwi Handayani**).
- Saaty, T. L. (1988). *WHAT IS THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS?* https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1_5
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Aervices Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Sagala, S., Adhitama, P., & Sianturi, D. G. (2013). Analisis Upaya Pencegahan Bencana Kebakaran di Permukiman Padat Perkotaan Kota Bandung, Studi Kasus Kelurahan Sukahaji. *Resilience Development Initiative (RDI)*, 3(3), 5–18.
- Salazar, L. G. F., Romão, X., & Paupério, E. (2021). Review of vulnerability indicators for fire risk assessment in cultural heritage. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 60(April). <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102286>
- Salena, I. Y. (2019). Identifikasi Sistem Proteksi Kebakaran Serta Tingkat Keandalan Keselamatan Bangunan Fakultas Kesehatan Masyarakat di Universitas Teuku UmarMeylis Safriani, Novrizal. *Pendidikan Teknik Bangunan Dan Teknik Sipil*, 5(2), 50–58.
- Salleh, N. H., & Ahmad, A. G. (2009). Fire Safety Management In Heritage Buildings: The Current Scenario In Malaysia. *22nd CIPA Symposium*, 1996(Table 1), 1–6. <http://irep.iium.edu.my/1085/>
- Sari, K. P., Nasmirayanti, R., & Arramadhan, M. H. (2023). Evaluasi Keandalan Sistem Proteksi Kebakaran Pada Gedung RSUD Kota Bukittinggi. *Rivet (Riset*

Dan Inovasi Teknologi), 03(01), 1–10.

- Iwan Satibi. (2011). Teknik Penulisan Skripsi, Tesis & Disertasi. Bandung: Ceplas.
- Schmidt, F. L., & Hunter, J. E. (2014). *Methods of Meta-Analysis : Correcting Error and Bias in Research Findings* (Third Edit). Sage publications.
- Scotland, F. G. (2017). *PRACTICAL FIRE SAFETY GUIDANCE FOR PLACES OF ENTERTAINMENT*. Safer Scotland, Scottish Government.
- Septiadi, H., Sunarsih, E., & Camelia, A. (2014). Analisis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan di Universitas Sriwijaya Kampus Inderalaya Tahun 2013. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 5(1), 49–56.
- Setiani, Y. (2015). *Pengendalian Bahaya Kebakaran Melalui Optimalisasi Tata Kelola Lahan Kawasan Perumahan di Wilayah Perkotaan*. 978–979.
- Setiawan, B. (2016). *Analisa Tingkat Ketahanan Terhadap Kebakaran Di Kawasan Pesisir Kota Tarakan*.
<http://180.250.193.171/index.php/harpodon/article/view/165>
- Setiyo, B. (2014). *KORSLETING LISTRIK PENYEBAB KEBAKARAN PADA RUMAH TINGGAL ATAU GEDUNG*. 3(2).
- SFPE. (2016). SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. In *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (5th ed.). National Fire Protection Association.
- Shi, L. (2023). *Indoor and Built A review of thermal properties of timber and char at elevated temperatures*. 32(1), 9–24.
<https://doi.org/10.1177/1420326X211035557>
- Siadati, S. (2021). *Optimization theory The heart of data science*. Towards Data Science (Medium). Towards Data Science
- Siahaan, Bisuk, 2005. Batak Toba: Kehidupan Di Balik Tembok Bambu. Jakarta: Kempala Foundation
- Siahaan, F. (2017). *RUMAH TRADISIONAL BATAK TOBA DI SUMATERA UTARA , INDONESIA*. November.
- Siahaan, U. (2019). *RUMAH ADAT BATAK TOBA DAN ORNAMENNYA*. 6(2), 94–117.
- Siburian, T. P. (2022). Bentuk Visual Dan Makna Simbolik Gorga Batak Toba.

Journal of Contemporary Indonesian Art, 8(1), 49–57.

- Simanjuntak, C. A. ., Sulaeman, R., & Oktorini, Y. (2018). *IDENTIFIKASI JENIS KAYU PADA RUMAH ADAT BATAK TOBA BERDASARKAN PERSEPSI MASYARAKAT DI DESA SIMANINDO KECAMATAN SIMANINDO KABUPATEN SAMOSIR THE IDENTIFICATION OF WOOD IN BATAK TOBA TRADITIONAL HOUSE BASED ON PUBLIC PERCEPTION IN SIMANINDO VILLAGE SIMANINDO*. 5(1), 1–10.
- Simanjuntak, R. M., & Simatupang, I. (2023). HORBO JOLO & HORBO PUDI KONFLIK KEKERABATAN DALAM MARGA SIMANJUNTAK (STUDI KASUS KECAMATAN TAMPAHAN, KABUPATEN TOBA). *Jurnal Antropologi Sumatera*, 2(1), 201–212.
- Singh, K., Ohlan, A., Saini, P., & Dhawan, S. K. (2008). composite – super paramagnetic behavior and variable range hopping 1D conduction mechanism – synthesis and characterization. *Polymers for Advanced Technologies*, November 2007, 229–236. <https://doi.org/10.1002/pat>
- Siregar, R. (2011). Pengkajian Rumah Tradisional Etnis Batak di Provinsi Sumatera Utara (Toba, Simalungun, Karo, Mandailing dan Pakpak/ Dairi). In M. Muqqofa, P. Salura, & A. Astuti (Eds.), *Proceeding Kolokium*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman.
- Solarte, A., Numapo, J., Do, T., Bolanos, A., Hidalgo, J. P., & Torero, J. L. (2021). Understanding fire growth for performance based design of bamboo structures. *Fire Safety Journal*, 120, 103057. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103057>
- Stevens, S., Gibson, L., & Rush, D. (2020). Conceptualising a GIS-based risk quantification framework for fire spread in informal settlements: A Cape Town case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50(March), 101736. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101736>
- Sugianto, A., & Buchori, I. (2020). *Analisis kebutuhan pos pemadam kebakaran tingkat kerawanan kawasan di kabupaten pati berdasarkan*. 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.14710/pwk.v16i1.19956>
- Sugiyono. 2005. Memahami Penelitian Kualitatif. Bandung: CV. Alfabeta.
- Sugiyono, (2017). Metode Penelitian Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.

- Sugiyono. 2013. *Metodelogi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Suita, D., Petrus, S., & Oberlyn, J. (2021). *Renovasi Atap Rumah Tradisional Bolon Di Daerah Huta raja Dan Siallagan Roof Renovation of Traditional Bolon House In Hutaraja And Siallagan Region*.
- Sukawi, S., Hardiman, G., DA, N. A., & P, Z. A. (2016). Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Rumah Susun (Studi Kasus : Rusunawa Undip). *Modul*, 16(1), 35. <https://doi.org/10.14710/mdl.16.1.2016.35-42>
- Sukmo, R., Suroto, S., & Wahyuni, I. (2016). Analisis Implementasi Sistem Tanggap Darurat Kebakaran di Kawasan Permukiman Padat Penduduk Kelurahan Kayu Putih, Jakarta Timur (Studi Kasus di Rw 016 Kelurahan Kayu Putih, Kecamatan PuloGadung, Kotamadya Jakarta Timur). *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*, 4(3), 591–602.
- Sulistyo, J., Marsoem, S. N., Listyanto, T., & Bhekti Pertiwi, Y. A. B. P. (2020). Sifat Ketahanan Api dan Degradasi Panas Tiga Jenis Kayu Dilapisi Arang Kayu Sengon. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 14(1), 28. <https://doi.org/10.22146/jik.57460>
- Sumadi Suryabrata. (2000). *Pengembangan Alat Ukur Psikologis*. And.
- Supranto, J. (2000). *Teknik Sampling Untuk Survei & Eksprimen*. PT. Rineka Cipta.
- Suprpto. (2007). *Sistem Proteksi Kebakaran Pasif Kaitannya Dengan Aspek Keselamatan Jiwa (Passive fire protection and life safety*. 2(2).
- Sutopo. H. B. (2006). *Metode Penelitian Kualitatif*. Universitas Sebelas Maret.
- Sweetman, D., Badiie, M., & Creswell, J. W. (2010). Use of the transformative framework in mixed methods studies. *Qualitative Inquiry*, 16(6), 441–454. <https://doi.org/10.1177/1077800410364610>
- Tanubrata, M., & Wiryopranoto, H. (2016a). Penjalaran Kebakaran Pada Suatu Konstruksi Bangunan Gedung Akibat Sumber Panas. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 14–43.
- Tanubrata, M., & Wiryopranoto, H. (2016b). PENJALARAN KEBAKARAN PADA SUATU KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG AKIBAT SUMBER PANAS. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(April 2016).
- Thomas, A., Moinuddin, K., Zhu, H., & Joseph, P. (2020). Passive fire protection

- of wood using some bio-derived fire retardants. *Fire Safety Journal*, 120(January 2020), 103074. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103074>
- Troitzsch, J. H. (2016). Fires, statistics, ignition sources, and passive fire protection measures. *Journal of Fire Sciences*, 34(3), 171–198. <https://doi.org/10.1177/0734904116636642>
- Tsapko, J., Guzii, S., Remenets, M., Kravchenko, A., & Tsapko, A. (2016). Evaluation of effectiveness of wood fire protection upon exposure to flame of magnesium. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(10–82), 31–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.73543>
- Tugnoli, A., Khan, F., Amyotte, P., & Cozzani, V. (2008). Safety assessment in plant layout design using indexing approach: Implementing inherent safety perspective. Part 2-Domino Hazard Index and case study. *Journal of Hazardous Materials*, 160(1), 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.02.091>
- Turku, I., Nikolaeva, M., & Kärki, T. (2014). *The Effect of Fire Retardants on the Flammability, Mechanical Properties, and Wettability of Co-Extruded PP-Based Wood-Plastic Composites*. 9(1), 1539–1551.
- Menteri Pekerjaan Umum, (1998).
- Pedoman Teknis Manajemen Proteksi Kebakaran di Perkotaan, Pub. L. No. 20/PRT/M/2009 (2009).
- Wahyudi, A., Prakosa, W., Hasan, R., & Suparman, A. (2013). *Utilitas Bangunan*.
- Wahyudi, E., & Abidin, Z. (2018). PENGARUH PEDAGANG KAKI LIMA TERHADAP Pengaruh Pedagang Kaki Lima *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 64–68.
- Wibisono, T. K., & Islamy, I. (2017). *Kajian Sistem Proteksi Kebakaran Pasif Gedung Depo Arsip BRI Karanganyar*. 1–12.
- White RH, Dietenberger MA. 1999. Fires Safety in Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. USDA. Forest Service
- Wiesner, F., Randmael, F., Wan, W., Bisby, L., & Hadden, R. M. (2017). Structural response of cross-laminated timber compression elements exposed to fire. *Fire Safety Journal*, April, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.05.010>
- Wilkinson, P. (2013). *An Investigation into Resilient Fire Engineering Building*

Design. 270.

- Xin, J., & Huang, C. (2013). Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management. *Fire Safety Journal*, 62(PART A), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.09.022>
- Xu, Q., Wang, Y., Chen, L., Gao, R., & Li, X. (2016). Comparative experimental study of fire-resistance ratings of timber assemblies with different fire protection measures. *Advances in Structural Engineering*, 19(3), 500–512. <https://doi.org/10.1177/1369433216630044>
- Yao, J., Zhang, X., & Murray, A. T. (2019). Computers , Environment and Urban Systems Location optimization of urban fire stations : Access and service coverage. *Computers, Environment and Urban Systems*, 73(October 2018), 184–190. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.10.006>
- Yuan, C., He, Y., Feng, Y., & Wang, P. (2018). International Journal of Disaster Risk Reduction Fire hazards in heritage villages : A case study on Dangjia Village in China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28(August 2017), 748–757. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.02.002>
- Yung, D. (2008). *Principles of Fire Risk Assessment in Buildings* (first). John Wiley and Sons, Ltd. [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=WFFyuve9PVQC&oi=fnd&pg=PR5&dq=David+Yung+\(2008\).+Principles+of+Fire+Risk+Assessment+in+Buildings&ots=0GAWbaeJ6S&sig=HRO8jeyQYbb43n8VpBlpplq_ATs&redir_esc=y#v=onepage&q=pasif fire protection&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=WFFyuve9PVQC&oi=fnd&pg=PR5&dq=David+Yung+(2008).+Principles+of+Fire+Risk+Assessment+in+Buildings&ots=0GAWbaeJ6S&sig=HRO8jeyQYbb43n8VpBlpplq_ATs&redir_esc=y#v=onepage&q=pasif+fire+protection&f=false)
- Yuniarti, E., Setiawati, M., & Majid, D. A. (2018). Instalasi Listrik Yang Benar Dan Aman Dalam Upaya Mencegah Bahaya Kebakaran Akibat Konsleting Listrik Di Daerah Padat Penduduk Right And Secure Electrical Installation In Effort To Prevent Fire Hazards Due To Electrical Consleting In The Solid Population. *Prosiding Seminar Nasional Penerapan IPTEKS*, 4, 146–154.
- Zettira, T., & Yudhastuti, R. (2022). *Perbedaan Polutan Penyebab Polusi Udara Dalam Ruangan Pada Negara Maju dan Berkembang : (Literature Review Differences of Indoor Air Pollution Between Developed and Developing Countries : Literature Review)*. 625–632.

Lampiran I

Data peristiwa kebakaran rumah adat tradisional di Indonesia pada 10 tahun terakhir

No	Objek Bangunan	Lokasi	Tanggal	Sebab	Keterangan
1	Rumah adat Batak	Dusun 3 Lumban Sibabiat, Desa Ginolat, Kec. Sianjur Mulamula, Samosir	16/06/2014	tidak diketahui	Dua unit rumah adat Batak
2	Rumah Kienteng	Kelenteng Liong Hok Bio, Alun-alun Magelang, Jateng	16/07/2014	Lilin	1 unit rumah ibadah
3	Rumah Adat Batak	Desa Situngkir, Kecamatan Pangururan, Kab Samosir	21/07/2014	korsleting listrik	1 rumah adat
4	Rumah Betang (Rumah	Desa Sungai Uluk Palin, Kec. Putusibau Utara, Kab. Kapuas Hulu, KALBAR	13/09/2014	kompas	1 rumah adat
5	Rumah Adat Batak	Tmn Wisata Cakat Raya, Kec Menggala Timur, Kab Tulangbawang, Lampung,	15/11/2014	tidak diketahui	1 unit rumah batak
6	Rumah Adat Lampung	Kel. Pringsewu Timur, Kec. Pringsewu, Kab. Pringsewu, Lampung	18/12/2015	tidak diketahui	1 rumah adat
7	Rumah adat Batak	Huta Lumban Binanga, Jangga Dolok, Kec Lumban Julu, Tobasa, SUMUT	01/01/2016	petasan anak	4 rumah adat & 1 rumah tenun.
8	Rumah adat Bugis	Kampung Laringgi, Desa Manorang, Kec. Mariorawa, Kab. Soppeng, Sulsel,	23/01/2016	korsleting listrik	1 rumah adat
9	Rumah adat Raja Ambenu	Desa Bakitolas, Kec. Ambenu, Kab. Timor tengah Utara, NTT	30/04/2016	korsleting listrik	1 rumah adat + Lumbung
10	Rumah Adat Batak	Huta Sigalingging Rianiate Kec. Pangururan Kab. Samosir	23/10/2016	korsleting listrik	Empat Rumah Adat Terbakar
11	Tongkonan (Rumah Adat	Kelurahan Palawa, kecamatan Sesean, Toraja Utara	01/02/2017	tidak diketahui	1 Tongkonan, 3 lumbung dan 3 ruma
12	Rumah Batak Huta Bolon	Desa Huta Bolon, Parbaba, Kec. Pangururan, Kab Samosir	09/02/2017	korsleting listrik	Lima Rumah Adat Terbakar
13	Tongkonan (Rumah Toraja)	Kel. Tikala, Kecamatan Tikala, Kab Toraja Utara, Sulsel	20/03/2017	tidak diketahui	dua rumah
14	Tongkonan (Rumah Toraja)	Tondok Litak, Kec. Sesean Suloara, Toraja Utara	28/03/2017	tidak diketahui	1 rumah adat
15	Tongkonan (Rumah Toraja)	Dsn Balombong, Lembang (desa) Liku Lambe', Kec. Sa'dan, Toraja Utara	02/06/2017	tidak diketahui	1 rumah dan 2 rumah tongkonan
16	Rumah Adat Batak	Dusun Raut Bosi, Desa Cinta Dame, Kec Simanindo, Kab. Samosir, SUMUT	10/07/2017	tidak diketahui	2 unit rumah batak, 1 rumah warga
17	Istana Bala Puti	Kota Sumbawa Besar, Kab. Sumbawa, NTB	11/07/2017	tidak diketahui	1 Istana Kesultanan Sumbawa
18	Tongkonan (Rumah Adat	Kel. Sa'dan Malimbong, Kec. Sa'dan Kab. Toraja Utara, Sulsel	12/07/2017	korsleting listrik	2 Tongkonan dan 2 rumah tinggal
19	Tongkonan (Rumah Toraja)	Dusun Lembah, Desa Lembang Tondon Langi, Kec. Toraja Utara	19/07/2017	korsleting listrik	1 tongkonan dan satu rumah
20	Rumah adat Batak	Lumban Janji Desa. Ginolat Kec. Sianjur Mula mula Kab. Samosir	22/08/2017	korsleting listrik	satu unit rumah batak
21	Rumah Adat Simalungun	Bukit Indah Simarjunjung, Dolok Pardamean Kab. Simalungun, SUMUT	22/10/2017	sambaran petir	1 rumah adat
22	Rumah adat Batak	Huta Gambir Simiak, Desa Cinta Maju, Kec Sili-tio, Kab Samosir,	12/02/2018	korsleting listrik	satu unit rumah batak
23	Bangunan Cagar Budaya	Kawasan pecinan di Kel. Kampung Dalam, Kab. Siak, Riau	17/02/2018	korsleting listrik	Bangunan Cagar Budaya + Rmh Warga
24	Rumah Adat Batak	Huta Lumban Bagas Desa Sosor Dolok, Kec. Harian Samosir	07/03/2018	korsleting listrik	satu unit rumah batak
25	Tongkonan (Rumah Toraja)	Desa Palangi, Kecamatan Balusu, Toraja Utara	30/04/2018	tidak diketahui	Satu unit rumah adat
26	Tongkonan (Rumah Toraja)	Dusun Buntu, Lembang Tiroallo, Kec. Sadan, Toraja Utara, Sulsel	08/05/2018	korsleting listrik	1 rumah adat
27	Rumah Adat Batak	Desa Sialanguan, Kec. Pangururan, Kab. Samosir	17/07/2018	rumpit dibakar	27 Rumah + 3 ngadhu dan 3 bhaga
28	Rumah Gurusina Jerebu'u -Ngada	Desa Watu Manu, Kec. Jerebu'u, Kabupaten Ngada, Flores, NTT	13/08/2018	korsleting listrik	16 rumah adat
29	Kampung adat Bondo Maroto	Kampung Bondo Maroto di Kabupaten Sumba Barat	11/09/2018	lampu pertamax	2 unit rumah dan 1 Tongkonan
30	Tongkonan (Rumah Toraja)	Kadundung, Kelurahan Tagari, Kec Toraja Utara, Ssulsel	16/09/2018	korsleting listrik	1 rumah adat
31	Rumah Karo Siwaluh Jabu	Desa Dokan Kec. Merek Kab. Karo, SUMUT	26/09/2018	kompas	dua tongkonan dan 6 lumbung
32	Tongkonan (Rumah Toraja)	Tongkonan Passurasan, Kec Nanggala, Toraja Utara, Sulsel	15/10/2018	korsleting listrik	satu unit rumah batak
33	Rumah Adat Kampung Sigorat	Desa Paraduan Kec. Ronggur Nihuta, Kab. Samosir,	17/12/2018	tidak diketahui	satu rumah Tongkonan dan 1 rumah
34	Tongkonan (Rumah Adat	Dsn Karampa, Lembang Saloso, Kec. Ranteapao, Toraja Utara, Sulsel	19/12/2018	korsleting listrik	2 unit Tongkonan & 1 rumah warga
35	Tongkonan (Rumah Toraja)	Dusun To'kalok, Lembang Ponglu, Kec Buntu Pepasan, Toraja Utara	29/12/2018	korsleting listrik	22 rumah adat + 10 rumah warga + 1
36	Kampung adat Ngela, Ende	Kecamatan Wologita, Kabupaten Ende, Pulau Flores, NTT	29/10/2018	tidak diketahui	Satu unit Tongkonan
37	Tongkonan Pastori Gereja	Kelurahan Pantan Kecamatan Makale Kabupaten Tana Toraja	24/01/2019	tidak diketahui	8 unit rumah Karo
38	Rumah Adat Siwaluh Jabu	Waluh Jabu Desa Suka Maju Kecamatan Tigapanah, Kabupaten Karo	24/08/2019	tidak diketahui	Satu unit rumah batak
39	Rumah Adat BATAK	Dusun II, Desa Aek Nauli Kecamatan Pangururan, Kab Samosir,	20/09/2019	korsleting listrik	1 Rumah Gadang
40	Rumah Gadang	Jorong Pincuran Tinggi Nagari Panyalaian Kec X Koto SUMBAR	05/10/2019	tidak diketahui	1 Tongkonan dan 1 rumah warga
41	Tongkonan (Rumah Toraja)	Dusun Ropo, Lembang Lea, Kecamatan Makale Utara, Sulsel	28/01/2020	tidak diketahui	2 unit Tongkonan & 5 lumbung padi
42	Tongkonan (Rumah Toraja)	Dusun Saleka, Lembang Tondon Langi, Toraja Utara, Sulsel	18/02/2020	korsleting listrik	tidak diketahui
43	Rumah Gadang	Jorong Parik, Nagari Bukit Tandang, Kec. Bukit Sundi, Kab. Solok,	23/02/2020	tidak diketahui	Satu rumah gadang + 3 Rumah
44	Rumah Adat (Honai)	Kampung Luwemna, Distrik Naica Kabupaten Yahukimo, Papua	28/03/2020	alam	17 honai (rumah adat)
45	Rumah Adat Desa Bayan	Dusun Dasan Tutul Desa Bayan, Kec. Bayan Kab. Lombok Utara, NTB	28/05/2020	Kecelakaan anak2	Satu unit rumah adat NTB
46	Rumah Adat Nias	Desa dahadan0 Bolombaw0 Kec Hiliserangkai, Kab Nias, SUMUT	20/06/2020	tidak diketahui	Satu unit rumah adat Nias
47	Rumah Adat Atakkae Sengkang	Kel. Atakkae Kec. Tempe Kab. Wajo, Sulsel	19/07/2020	korsleting listrik	2 Rumah Adat
48	Rumah Adat Betang (Dayak)	Desa Nanga Nyabu, Kapuas Hulu, Kalimantan Barat,	19/07/2020	tidak diketahui	1 Rumah Adat Betang
49	Kampung Adat Deke	Desa Patalia Bawa, Kec. Lamboya Barat, Kab Sumba Barat, NTT	11/08/2020	alam	22 rumah di Kampung Adat Deke
50	Rumah Adat	Kampung Gurusina, Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur	14/08/2020	tidak diketahui	27 Rumah Adat
51	Rumah Gadang	RT 01, RW 10, Kel. Pematang Pudu, Kec. Mandau, Kab. Bengkalis, RIAU	23/08/2020	sambaran petir	1 Rumah Adat
52	kampung Napaulun	Desa Buga Muda, Kec. Ile Ape, Kabupaten Lembata, NTT	30/08/2020	tidak diketahui	28 Rumah Adat
53	Rumah Adat Baduy	Kpg. Kadugede Desa Kanekes, Kec. Lewidamar, Kab. Lebak, Banten	12/09/2020	tidak diketahui	50 Rumah Adat
54	Kampung Situs Umbu Koba	Desa Delo, Kec. Wewewa Selatan, Kab. Sumba Barat Daya, NTT	27/09/2020	sambaran petir	25 Rumah Adat
55	Rumah Betang Kapuas Hulu	Desa Sayut Kec. Putusibau Selatan, Kab. Kapuas Hulu, Kalbar	18/10/2020	tidak diketahui	342 Rumah Adat
56	Kpg Adat Kasepuhan Sinar	Desa Simaresmi, Kec. Cisolok, Kab. Sukabumi, Jawa Barat	12/01/2021	korsleting listrik	2 Rumah Adat
57	Tongkonan (Rumah Toraja)	Dusun Ropo, Lembang Lea, Kec. Makale Utara, Sulsel	28/01/2021	tidak diketahui	1 Tongkonan + 1 rumah warga
58	Rumah Adat Kerajaan Bone	Jalan Latenritatta, Kec. Walampone, Kab. Bone, Sulsel	20/03/2021	tidak diketahui	1 Rumah Adat
59	Rumah Adat Karo	desa Dokan, Kec. Merek, Kab Karo, SUMUT	15/04/2021	sambaran petir	1 Rumah Adat
60	Rumah Adat Karaeng Bulu	Desa Bontomanai, Kec. Tompo Bulu, Kab. Maros, Sulsel	22/04/2021	tidak diketahui	1 Rumah Adat
61	Rumah Adat Lampung	Pekon Tajung Raja, Kec. Cukuh Balak, Kab. Tanggamus, Lampung	08/05/2021	korsleting listrik	1 Rumah Adat
62	Rumah Adat BATAK (Rumah Bolon)	Desa Tomok Pande Nabolon Dusun III Kecamatan Simanindo Kabupaten Samosir	03/08/2021	kayu bakar memasak	1 Rumah Adat
63	Tongkonan (Rumah Toraja)	Dusun Tanete Pa'bosok, Lembang Buntu Batu, Kec. Tikala, Toraja Utara,	20/08/2021	korsleting listrik	1 Tongkonan + 1 rumah panggung
64	Rumah Adat Aceh	Gampong Crueng Kecamatan Batee, Pidie, NAD	10/10/2021	korsleting listrik	1 Rumah Adat
65	Tongkonan (Rumah Toraja)	Lembang (Desa) Langda, Kec. Sopai, Kab. Toraja Utara.	12/10/2021	tidak diketahui	1 Rumah Adat dan 2 Aliang (Lumbung
66	Rumah Adat Badui	Kpg Cihuni kawasan Badui Dalam, Kec. Leuwidamar Kab. Lebak, Banten	13/10/2021	tidak diketahui	16 Rmh Badui + 1 Levit (rmh pangan

No	Objek Bangunan	Lokasi	Tanggal	Sebab	Keterangan
67	Rumah Adat Parona Baroro	Desa Waikaninyo, Kec Kodi Bangedo, Kab Sumba Barat Daya NTB	13/01/2022	Sambaran Petir	8 Rumah Adat
68	Rumah Adat BATAK (Rumah Bolon)	Desa Sait Nihuta Kecamatan Pangururan Kabupaten Samosir,	04/02/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
69	Rumah Honai	Ouyaiuu, Kampung Idakotu, Distrik Kamu Kabupaten Dogiyai, Provinsi Papua	08/02/2022	memasak	1 Rumah Adat
70	Rumah Toraja (Tongkonan)	Desa Mambuliling, Kecamatan Mamasa, SULBAR	08/02/2022	memasak	1 Rumah Adat
71	Rumah Honai	Kampung Tima Distrik Balingga Kabupaten Lanny Jaya, Papua.	03/03/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
72	Rumah adat Melayu	Kelurahan Bandar Utama Kecamatan Tebing Tinggi Kota Kota Tebing Tinggi, SUMUT	13/03/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
73	Rumah Toraja (Tongkonan)	Kelurahan Tagari, Kecamatan Balusu, Kabupaten Toraja Utara, SULSEL	20/03/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
74	Rumah Betang (Dayak)	Dusun Laman Oras, Desa Batu Badak, Kec Menukung, Kab Melawi KALBAR	04/04/2022	tidak diketahui	17 Rumah Adat
75	Rumah Adat Soppeng	Dusun Welonge, Desa Laringgi, Kec Mariorawa, Soppeng, SULSEL	08/04/2022	Bakar Sampah	1 Rumah Adat
76	Rumah Adat Lontar	Kelurahan Laringgi, Kecamatan Mariorawa, Kabupaten Soppeng, SULSEL	10/04/2022	korsleting listrik	1 Rumah Adat
77	Rumah Honai	Kampung Mbamonggo, Distrik Agisiga, Kabupaten Intan Jaya, Papua	11/04/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
78	Rumah adat ENDE	Kampung Wolomage RT.003 RW.005 Kel Wolojita, Kec Wolojita, Kab Ende, NTT.	09/05/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
79	Rumah GADANG	Kelurahan Sukabumi Selatan, Kecamatan Kebon Jeruk, Jakarta Barat, Jakarta	20/05/2022	Sambaran Petir	1 Rumah Adat
80	Rumah Adat Lampung	Kampung Sawah Baru, Dusun Induk, Desa Tajur, Kec Marga Punduh Pidada, Lampung	23/05/2022	korsleting listrik	1 Rumah Adat
81	Rumah Joglo	Desa Tluwe, Kecamatan Soko, Kabupaten Tuban, Jawa Timur	04/07/2022	korsleting listrik	1 Rumah Adat
82	Rumah Adat Aceh	Gampong Mee Keurekon Waido Kecamatan Peukan Baro Kabupaten Pidie, ACEH	12/07/2022	korsleting listrik	1 Rumah Adat
83	Rumah Adat Lampung	Desa Kampung Baru, Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Lampung	06/08/2022	korsleting listrik	1 Rumah Adat
84	Rumah Adat Dayak	Kelurahan Menteng, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah	12/08/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
85	Rumah Adat BALI	Desa Pemecutan Kaja, Kecamatan Denpasar Utara, Kota Denpasar, Bali.	28/08/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
86	Rumah Adat Lampung	Desa Pekon Ampai, Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Lampung	30/08/2022	korsleting listrik	1 Rumah Adat
87	Rumah Adat Uma Kahumbu	Desa Wainyapu, Kec Kodi Balaghar, Kab Sumba Barat Daya, (NTT)	20/09/2022	tidak diketahui	30 Rumah Adat
88	Rumah GADANG	Pakan Sinayan Kecamatan Payakumbuh Barat Kota Payakumbuh SUMBAR	19/10/2022	bakar sampah	1 Rumah Adat
89	Rumah Toraja (Tongkonan)	Lingkungan Buisun, Kelurahan Burake, Kecamatan Makale, Tana Toraja, SULSEL	29/10/2022	korsleting listrik	1 Rumah Adat
90	Rumah Benteng Sombaopu Gowa	Benteng Sombaopu, Kecamatan Barombong, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan	12/12/2022	korsleting listrik	1 Rumah Adat
91	Rumah Joglo Limasan	Desa Karangsumber, Kecamatan Winong, Kabupaten Pati, Jawa Tengah	01/11/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat
92	Rumah Adat GOWA	Benteng Sombaopu Kecamatan Barombong, Kabupaten Gowa, SULSEL	12/12/2022	korsleting listrik	2 Rumah Adat
93	Rumah Adat Banjar	Desa Pemangkih, Kecamatan Labuan Amas Utara, Kabupaten HST, KALSEL	26/12/2022	tidak diketahui	1 Rumah Adat
94	Rumah Gadang	Jorong Balaipandan, Nagari Cupak, Kec Gunung Talang Kab Solok SUMBAR	03/01/2023	tidak diketahui	5 Rumah Adat
95	Rumah Joglo Limasan	Kec Kesiman Kertalangu, Denpasar Timur, BALI	09/01/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat
96	Rumah Joglo Limasan	Desa/Kecamatan, Puncakwangi Kabupaten Pati, Jateng	02/02/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat
97	Rumah Gadang	Jorong Pamujan, Nagari Kinari, Kecamatan Bukit Sundi, Kabupaten Solok, SUMBAR	12/02/2023	tidak diketahui	3 Rumah Adat
98	Rumah Adat Nias	Telegewo Desa Hiliserangkai, Nias Selatan	25/02/2023	tidak diketahui	1 Rumah Adat
99	Rumah Gadang	Nagari Muaro Pingai, Kecamatan Junjung Sirih, Kabupaten Solok, Sumatera Barat,	03/03/2023	tidak diketahui	2 Rumah Adat, 9 Rumah Warga
100	Rumah Gadang	Nagari Kotobaru, Kec Sungaipagu Kab Solok Selatan, SUMBAR	26/03/2023	tidak diketahui	4 Rumah Adat
101	Rumah Adat Reje Uyem	Kampung Kemili, Kecamatan Bebesen, Takengon Aceh lengah, ACEH	31/03/2023	tidak diketahui	1 Rumah Adat, 25 Rumah Warga
102	Rumah Gadang	Jorong Tanjung, Nagari Muaro Pingai, Kec Junjung Sirih, Kab Solok SUMBAR	02/04/2023	tidak diketahui	2 Rumah Adat, 6 Rumah Warga
103	Rumah Adat BATAK (Rumah Bolon)	Desa Situatua Huta Kecamatan Sigumpar Kabupaten Toba Samosir, SUMUT	11/04/2023	kayu bakar memasak	3 Rumah Adat
104	Rumah Joglo Limasan	Padukuhan Blimbing, Kelurahan Girisekar, Kapanewon Panggang, DIY	23/05/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat
105	Rumah Gadang	Jorong Sungai Rotan, Nagari Cupak, Kec Gunung Talang, Kab Solok SUMBAR	27/05/2023	korsleting listrik	2 Rumah Adat
106	Rumah Adat Sao Raja Salohe	Lompong Cobbue, Dusun Kaleleng, Desa Saolengah, Kec Sirjai Tegah, Kab Sirjai, Sulsel	07/06/2023	Bakar sarang lebah	1 Rumah Adat
107	Rumah Adat Aceh	Gampong Paloh Raya, Kecamatan Mulara Timur, Kabupaten Pidie, ACEH	09/06/2023	tidak diketahui	1 Rumah Adat, 2 Rumah Warga
108	Rumah Toraja (Tongkonan)	Dusun Salu Tangnga, Kel Tallang Sura', Kec Buntao, Toraja Utara, SULSEL	29/06/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat
109	Rumah Adat Tongkonan	Lingkungan Kuruk, Kel Rantelayo Kec Rantelayo, Kab Tana Toraja, SULSEL	02/08/2023	kayu bakar memasak	2 Rumah Adat, 1 Rumah warga
110	Rumah Adat Musi Banyuasin	Kelurahan Kayu Are, Kecamatan Sekayu, Sumatera Selatan	12/08/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat
111	Rumah Adat Dayak	Kampung Muhur kecamatan Siluq Ngurai kabupaten Kutai Barat, KALTIM	20/08/2023	tidak diketahui	4 Rumah Adat, 40 Rumah Warga
112	Rumah Joglo Limasan	Kelurahan Giriwoyo, Kecamatan Giriwoyo, Wonogiri, JATENG	21/08/2023	korsleting listrik	4 Rumah Adat
113	Rumah Gadang	Nagari Rao Rao, Kecamatan Sungai Tarab, Kab Tanah Datar SUMBAR	26/08/2023	korsleting listrik	2 Rumah Nagari
114	Rumah Gadang	Sumua Balimbiang Jorong Lurah Nan Tigo nagari Salayo kec Kubung Kab Solok	07/09/2023	tidak diketahui	1 Rumah Adat
115	Rumah Joglo Limasan	Dusun Banjar, Desa Senganten, Kec Gondang, Kab Bojonegoro, JATIM	05/10/2023	tidak diketahui	2 Rumah Adat
116	Rumah Adat Kampung Kuta	Kampung Adat Kuta, Desa Karangpaningal, Kec Tambaksari, Kab Ciamis,	17/10/2023	tidak diketahui	1 Rumah Adat
117	Rumah Joglo Limasan	Kelurahan Sidomulyo, Kapanewon Pengasih, Kabupaten Kulonprogo, DIY	02/11/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat
118	Rumah Adat Musi Banyuasin	Desa Sukajaya, Kecamatan Plakat Tinggi, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	06/11/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat
119	Rumah Joglo Limasan	Padukuhan Dengok, Kel Pucanganom, Kapanewon Rongkop, Gunungkidul, DIY	11/12/2023	Bakar Sampah	1 Rumah Adat
120	Rumah Joglo Limasan	Desa Pakang, Kecamatan Andong, Kabupaten Boyolali, JATENG	07/12/2023	korsleting listrik	1 Rumah Adat

Sumber : Media Online

Lampiran II



Kondisi Rumah adat saat terbakar di Dusun II, Desa Aek Nauli Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samosir, Jumat (20/9/2019) dini hari
Sumber :Tribun Medan, September 2019

Lampiran III (Hasil wawancara)

Informan		Gender	Pekerjaan
1.	Raja Sondang	Laki-laki	Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan
2.	Boyking Sihaloho	Laki-laki	Kepala Desa Hutabolon
3.	Dedi Rumahorbo	Laki-laki	Petugas Pemadam Kebakaran Paguruan - Samosir
4.	J.B Turnip	Laki-laki	Sekretaris Satpol PP Kab. Samosir
5.	Bapak Fresly	Laki-laki	Wirausahawan, Masyarakat Adat
6.	Dr. Amat Rahmat, S.T., M.T.	Laki-Laki	Ketua Lapitek dan. Dosen Program Studi Arsitektur Universitas Kebangsaan Republik Indonesia
7.	Jahotman Turnip	Laki-Laki	Petani, Masyarakat Adat

KADES LUMBAN SUHI-SUHI TORUAN

Nama : Raja Sondang

HP : 0822 7389 6001

(Pertanyaan)

1. Ada berapa keluarga di satu huta?
2. Mata pencaharian masyarakat?
3. Apakah pernah ada sosialisasi pencegahan dan penanggulangan bencana kebakaran?
4. Apakah bapak tau aturan2 dalam membangun rumah adat, atau apakah ada orang yang bisa dirujuk?
5. Apa kegiatan sehari-hari masyarakat desa Huta Raja?
6. Bagaimana kebiasaan/atau adat istiadat /pesta disini?
7. Bagaimana saluran air di huta ini?
8. Belakang rumah berfungsi sebagai apa. Apakah bisa dilintasi atau tidak?
9. Apa sumber air yang mereka gunakan?
10. Berapa watt listrik di rumah?

Hasil Wawancara

Lokasi Huta raja,lumban sinabang, lumban sitohang

1. Dulu Huta dikepalai Tungga ni huta, saat ini setara adminsitratif (Desa-Dusun-Huta)
2. Tidak pernah ada penyuluhan pencehagan dan penganganan kebakaran, Hanya sosialisasi dari PLN tentang prosedur penebangan bohon di sekitar kabel listrik,
3. Buku Desa (data KK, pekerjaan,dll). Belum diminta
4. Aturan2 membangun huta :
 - a. Sudah tidak masalah orientasi, yang penting berhadapan antar bangunan, membentuk open space.
 - b. Ketersediaan open space mengikuti kebutuhan
 - c. Kayu pardindingan (sulit dicari). Tidak bisa kayu sembarangan, karena bisa retak. Kayu yang digunakan mis: kayu Nangka. Diameter harus min, 1,2m Panjang 8,5
 - d. Ukuran rumah adat 5x7 sikut ke siku, tidak termasuk perahu2(kurang lebih tambah 1m ke depan dan kebelakang.
 - e. Ukuran rumah adat beda2. Karena rumah dibangun sesuai kemampuan. Selain itu ada pakem, rumah boru tidak boleh lebih besar dari rumah anak laki2.
 - f. Kemiringan atap berbeda2. Karena semua langsung buat,
 - g. Sibabania pori(tangga diluar). Kalau dari bawah sitolu.....(?)... tangga dalam untuk yang status social lebih tinggi.
 - h. Jendela tidak ada aturan. Pada bentuk asilnya, walaupun tidak ada jendela, kayu dinding bisa dibongkar-pasang seperti pengganti jendela.
 - i. Dahulu ada tungku di tengah rumah, asapnya mengawetkan material atap ijuk. Tungku dialasi balok, pohon pisang, tanah lalu kayu bakar

5. Di Hutaraja terdapat 4 open space digunakan untuk Acara pemerintahan, acara adat, konser.
6. Rumah yang baru digunakan sebagai ganti rumah yang dibongkar untuk membuat information center
7. Terdapat pilar hindrant (Agar mobil pemadam tidak perlu masuk)
8. Sumber air PDAM
9. Mata pencaharaan masyarakat Lebih banyak menenun, kemudian nelayan,dan Bertani. (Hasil panen tidak disimpan dirumah-rumah lagi)
10. Bangunan Homestay Rumah adat dibuat IAI, di Lumban Suhi-Suhi toruan ada 17 unit. Ditambahkan ekstensi, belakangnya bangunan konvensional. Masyarakat tinggal disana. Jika sedang disewa, masyarakat tinggal di sisi bangunan ekstensi
11. Listrik masing2 rumah bervariasi ada 900 ada 1300. Semua system dari bawah tanah sehingga tidak mengganggu tampilan.
12. Hierarki wilayah : Desa-Dusun-Huta, Huta tidak administratif. Secara administratif terkecil dimulai dari dusun. Bajoka Simarmata (perwakilan Ketua adat Huta Raja (Tungga ni Huta)
13. Belum pernah ada sosialisasi kebakaran. Hanya sosialisasi dari PLN tentang tata cara memotong pohon apabila melewati kabel listrik
14. Awalnya Kegiatan wajib setiap sabtu martonun sodari/bertenun sehari. Sekarang masyarakat bertenun setiap hari.
15. Rumah-rumah di Huta Raja adalah rumah parsaktian/perkumpulan. Diwariskan, namun bebas dipakai selama masih satu garis keturunan. Satu rumah bisa muat untuk 4 keluarga. Batas wilayah antar keluarga dibatasi tikar pandan. Di wilayah Hutaraja diwariskan ke anak pertama, di daerah pangurusan pintu sona rumah adat diwariskan ke anak paling bungsu. Aturan yang sama berlaku untuk non-rumah adat
16. Rumah adat tidak memiliki sertifikat tanah dsb. Namun tetap ada tagihan PBB. Jadi jika ada pembangunan baru harus dengan kesepakatan bersama.
17. Biaya bangun rumah adat saat ini mencapai 800jt. Lama membangun sekitar 3 Bulan.
18. Pada rumah adat yang dibangun baru oleh PUPR, terdapat sisi ekstensi bangunan di belakang rumah adat berupa bangunan berdinding bata dengan dua kamar dan dua kamar mandi

KADES LUMBAN SUHI-SUHI TORUAN

Nama : BOYKING SIHALOHO

HP :

(Pertanyaan)

1. Ada berapa keluarga di satu huta?
2. Mata pencaharian masyarakat?
3. Apakah pernah ada sosialisasi pencegahan dan penanggulangan bencana kebakaran?
4. Apakah bapak tau aturan2 dalam membangun rumah adat, atau apakah ada orang yang bisa dirujuk?
5. Apa kegiatan sehari-hari masyarakat desa Huta Raja?
6. Bagaimana kebiasaan/atau adat istiadat /pesta disini?
7. Bagaimana saluran air di huta ini?
8. Belakang rumah berfungsi sebagai apa. Apakah bisa dilintasi atau tidak?
9. Apa sumber air yang mereka gunakan?
10. Berapa watt listrik di rumah?

Hasil Wawancara

1. Peristiwa kebakaran Huta Bolon : Tidak diketahui pasti penyebabnya. Yang terbakar 5, dua unit kondisi dihuni, tiga unit dalam kondisi kosong. 1 unit paling ujung bangunan rumah panggung biasa, bukan rumah adat. Kebakaran mulai jam stgh jam 3, padam total jam 5.
2. Huta bolon ada sekitar 40 rumah adat, banyak disisi atas.
3. Batas hutabolon situngkir ada sungai di sebelah utara. Barat danau toba. Selatan Siopat sosor juga dibatasi dengan sungai. Partoba dolok di sisi timur.
4. Rumah adat huta bolon sekarang atapnya sudah diperbarui tahun 2020 ada 15 unit, per unit sekitar 100jt. Yang diperbaiki Cuma yang ada orangnya. Dana dari program Sahunta PUPR (sarana hunian pariwisata).
5. Untuk acara-acara adat pemakaman masih diadakan acara gondang di rumah adat, tapi itu untuk orangtua yang semua anaknya sudah menikah.
6. Bangunan Rumah adat yang ukuran kecil tanpa ukiran gorga pernah dijual seharga 80jt.
7. Acara nikahan tidak pakai gondang yang di atas rumah adat. Gondang yang seperti itu hanya untuk acara pemakaman.
8. Saat ini tidak adalagi satu rumah adat yang dihuni oleh beberapa keluarga.
9. Biasanya rumah adat diwariskan ke anak paling besar, tapi di pangurusan diwariskan ke anak paling kecil.
10. Tidak ada tanah huta yang bersertifikat. Jika mau dijual harus kesepakatan bersama. Pajak PBB tetap bayar, dikenakan ke orang yang menempati.

11. Listrik rumah-rumah di huta rata-rata 900, dulunya 450 tapi sekarang sudah tidak cukup lagi. Karna rata-rata masyarakat sudah menggunakan kulkas, dispenser,dll.
12. Kegiatan memasak masyarakat sekarang sudah jarang pakai kayu, lebih sering menggunakan gas.
13. Rumah-rumah adat di Huta Bolon, langsung menghadap jalan, karena *open spacenya* digunakan untuk jalan, jadi bangunan yang menjadi pasangannya dan membentuk satu huta adalah rumah-rumah yang ada di seberangnya.

Nama : J.B. Turnip
Jabatan : Sekretaris Satpol PP
Nomor HP : 0822 1052 7719

(Pertanyaan)

1. Apa nama dinasnya?
2. Apa lingkup pekerjaannya?
3. Wilayah cakupan?
4. Sumber daya manusianya (berapa orang dll)?
5. Peralatan dan perlengkapan?
6. Data statistik kebakaran?
7. Apakah sudah memenuhi standar minimal yang dibutuhkan?

Hasil Wawancara

1. Jangkauan, jarak tempuh ke titik lokasi bermasalah. Karena setengah jam saja bangunan sudah habis terbakar.
2. Pada umumnya jika sudah terbakar, tidak bisa terselamatkan, pasti terbakar habis.
3. Armada pemadam kebakaran saat sampai ke titik lokasi kebakaran biasanya hanya bisa menyelamatkan bangunan sekitarnya agar tidak ikut terbakar.
4. Penyuluhan pemasangan listrik di rumah tradisional tidak memadai. Instalasi Listrik harus didaur ulang setiap 10 tahun. Terkadang Pemilik rumah memasang listrik tanpa teknisi PLN sehingga tidak sesuai standar.
5. Rumah adat di Huta Bolon terbakar diduga akibat kelalaian pemilik rumah.
6. Kebanyakan kasus kebakaran disebabkan kegiatan memasak, dengan kayu bakar, oleh anak-anak.
7. Akses jalan sulit, terutama untuk desa-desa yang berada di atas bukit.
8. Di kabupaten Samosir dinas pemadam kebakaran berada dibawah Satpol PP.
9. Armada ada empat unit. Disebar di empat titik. Di kota pangururuan, Kantor Bupati, Nainggolan dan Simanindo. Wilayah kerja keseluruhan mencakup seluruh wilayah kabupaten samosir (9 Kecamatan).
10. Armada yang ada sekelas mitsubishi dan hino. Armada dipilih yang kecil agar dapat menjangkau jalan-jalan yang kecil. Sparepart juga sulit. Hanya ada di Medan. Dan harganya tinggi. Ada satu armada yang pompanya bermasalah. Ada juga yang tangkinya bocor.
11. SDM masih kurang. Ada diangkat dari THL(tenaga harian lepas), Sudah dilengkapi dengan baju pemadam.
12. Sebaiknya satu rumah dilengkapi dengan 1 apar. Disertai dengan penyuluhan cara menggunakannya.
13. Sebaiknya setiap ada bangunan baru yang akan dibangun, libatkan dinas pemadam kebakaran, untuk melihat akses jalan,pintu-pintu evakuasi,dll.
14. Panggilan darurat PMK 0626-20788

15. Bangunan Damkar di kota Pangururan dalam kondisi rusak. Merupakan aset milik Provinsi, sehingga tidak bisa diperbaiki oleh pihak kabupaten.
16. Sumber air dari danau Toba. Titiknya tidak dapat ditentukan, mencari dimana yang dalam.
17. Pengadaan hidran hutaraja hasil MoU Pihak Damkar dengan PDAM. Di....., di rumah dinas Bupati, dan di kota Pangururan.
18. Hidran yang ada sekarang tekanan airnya dari PDAM, debitnya kecil sehingga pengisian lama. Oleh sebab itu, damkar tetap mengisi air dari danau toba.
19. Petugas posisinya selalu standby, tidak diberi tugas yang lain. Satu armada ada 6 orang dengan shift bergantian per 3 orang setiap 24 jam.
20. Kepala Satpol PP Rubimanto Limbong.
21. Rumah adat itu turun temurun, tidak milik pribadi. Sehingga kurang kesadaran untuk merawat.
22. Secara bentuk, rumah adat batak di berbagai wilayah sama, yang berbeda hanya cara mewariskannya saja. Pakem-pakem seperti jumlah, pasangan rangka harus sesuai. Atap sisi belakang harus lebih tinggi dari sisi depan.
23. Tukang bangunan adat. Toga Barong Situmorang.
24. Kebakaran Huta Bolon. Mulai terbakar satu rumah disisi ujung. Lalu datang armada dari simanindo. Yang pertama disiram adalah rumah yang disebelahnya yg belum terbakar, sehingga api tidak menjalar.

Nama : DEDI RUMAHORBO
Jabatan : Petugas Pemadam Kebakaran
Nomor HP : 0821 6545 3548

(Pertanyaan)

1. Apa nama dinasnya?
2. Apa lingkup pekerjaannya?
3. Wilayah cakupan?
4. Sumber daya manusianya (berapa orang dll)?
5. Peralatan dan perlengkapan?
6. Data statistik kebakaran?
7. Apakah sudah memenuhi standar minimal yang dibutuhkan?

Hasil Wawancara

1. Kantor Damkar masih menumpang di Satpol PP, awalnya di bawah kesbang, lalu BPBD, dan sekarang di bawah Satpol PP. PMK Samosir dikepalai oleh Kabid.
2. Personil ada 8 orang. Dibagi menjadi 4 orang per shift. Masing-masing shift punya waktu tugas 24 jam. Namun, apabila terjadi kebakaran, jika dibutuhkan maka seluruh petugas (8 orang) akan ikut bertugas, namun yang paling bertanggung jawab adalah 4 orang yang sedang aktif shift. Di pos ambarita 2 orang petugas berstatus THL sisanya PNS.
3. Damkar ada 4 tempat. 1 di kantor bupati(Rianiate), 1 di pusat Kota Pangururan, 1 di Nainggolan, 1 Ambarita.
4. Personil masing-masing, Simanindo 8 orang, Nainggolan 10 orang, Rianniate 8 orang, Pangururan 10 Orang.
5. Armada di Ambarita e-katalog 2017. Armada di Pangururan Hino e-katalog 2014.
6. Dosroha dusun dua kasus kebakaran tahun 20.... api menyebar akibat angin
7. Inti pakem-pakem rumah batak ada di rangkanya. Tapi tiap-tiap gorga ada maknanya.
8. Kabid : Renatus, bawahnya kasi(kepala seksi), bawahnya danru per posko.
9. Tukang rumah adat orang tua kandung Pak Dedi Rumahorbo
10. Standar damkar 7.5km dari pos. Tapi karena area kebutuhannya luas.
11. SOP jika satu rumah kebakaran, maka rumah kiri kanannya disiram, karna jika disiram ke arah rumah yang terbakar, api akan mengarah ke sisi samping, sehingga menyebabkan kebakaran merembet. Tapi pemahaman masyarakat kurang.
12. Hidran-hidran yang sudah terpasang tidak memiliki sumber air sendiri, tetap harus mengandalkan supply air dari mobil damkar. Jadi, Hidran hanya berfungsi sebagai penambah jangkauan selang.
13. Tidak ada dana khusus untuk uji coba berkala
14. Tidak ada Kegiatan lain yang diberikan ke petugas selama menunggu.

15. Rumah batak biasanya pemicu terbesar adalah kegiatan memasak, pada rumah model lama yang tungkunya berada di tengah rumah. Listrik justru jarang. Jika listrik umumnya karena kabel panas dan mulai terbakar kemudian terkena barang-barang mudah terbakar.
16. Tidak ada peralatan lain selain 4 unit mobil pemadam.
17. Penduduk paling banyak ada di area pesisir, sehingga penting untuk adanya unit pemadam berupa kapal. Karena jika mengandalkan armada darat, butuh untuk menyambung selang dengan sangat panjang hingga 100m lebih.
18. Unit mobil damkar dipanaskan setiap hari, tapi kalau pompa tidak di tes setiap hari.
19. Yang di kantor bupati sudah kendala, tidak konek pompanya.
20. Petugas-petugas yang bekerja di pos ambarita, tinggal tidak jauh dari pos.
21. Pompa armada mobil kebakaran masih memadai untuk selang sepanjang 300m
22. Sumber air dari danau, diambilnya dari dermaga dengan panjang selang 12 dari bibir pantai. Lama mengisinya 3 menit.
23. Kalau sudah mode PTO, mobil tidak jalan lagi, mesin mobil berfungsi jadi pompa. Armada dari PT Matra.
24. Pernah kejadian kebakaran bengkel menjual minyak dan gas, pemadamannya menggunakan diterjen, karena tidak ada foam khusus. Pemadamannya berhasil tapi tangkinya jadi berkarat.

Nama : Bapak Fresly

Nomor HP :

(Pertanyaan)

1. Sudah berapa lama tinggal disini?
2. Siapa pemilik rumah?
3. Berapa orang yang tinggal di rumah?
4. Apa kegiatan sehari-hari?
5. Bagaimana kebiasaan/atau adat istiadat /pesta disini?
6. Bagaimana saluran air di huta ini?
7. Belakang rumah berfungsi sebagai apa?. Apakah bisa dilintasi atau tidak?
8. Apa sumber air yang mereka gunakan?
9. Berapa watt listrik di rumah?

Hasil Wawancara

1. Kalau sekarang orang memasak sudah tidak di dalam rumah adat, sudah di bagian rumah ekstensi.
2. Rumah adat terbanyak selain hutaraja di daerah Limbong.
3. Model rumah adat Batak di berbagai wilayah sama.
4. Rata-rata ukuran rumah adat 5x7m
5. Rumah adat yang asli pintunya ada disisi bawah. Agar setiap orang yang masuk menunduk untuk menghormati pemilik rumah.
6. Jendela samping kiri kanan harus ada, tapi depan gak harus ada jendela.
7. Kegiatan adat rutin tahunan selain kemalangan atau kawinan, ada pesta panen, biasanya di bulan 6 diadakan di sawah. Tapi sekarang sudah jarang. Yang diadakan di huta biasanya pesta bias. Acaranya biasa memotong kerbau, dulu kuda.
8. Sejak datang nomensen, budaya-budaya yang tidak sesuai dengan agama muali terkikis.
9. Balkon-balkon untuk gondang masih digunakan untuk pesta pemakaman. Biasanya bersamaan juga dengan pemotongan kerbau setelah mayat dikuburkan Biasanya disemayamkan di dalam rumah, selanjutnya lalu ke halaman di hari terakhir saat pesta.
10. Pintu rumah ada dua, disisi depan dan belakang.
11. Sekarang rumah adat sudah dilengkapi dengan bangunan ekstensi untuk membuat kamar mandi. Kalau dulu tanpa kamar mandi, sumber airnya dari mual (sumber mata air) yang digali warga sedalam setengah meter. Selain itu juga untuk dapur dan meletakkan barang-barang elektronik.
12. Pesta kawinan sudah jarang di halaman rumah lebih sering di gedung.
13. Selain itu juga ada pesta lain yang diadakan yaitu untuk memindahkan kuburan ke tugu.
14. Rumah adat jika mau dirombak harus izin ke tungga ni huta. Biasanya putra sulung dari marga pemilik huta.

Nama : Jahotman Turnip

Nomor HP :

(Pertanyaan)

1. Sudah berapa lama tinggal disini?
2. Siapa pemilik rumah?
3. Berapa orang yang tinggal di rumah?
4. Apa kegiatan sehari-hari?
5. Bagaimana kebiasaan/atau adat istiadat /pesta disini?
6. Bagaimana saluran air di huta ini?
7. Belakang rumah berfungsi sebagai apa?. Apakah bisa dilintasi atau tidak?
8. Apa sumber air yang mereka gunakan?
9. Berapa watt listrik di rumah?

Hasil Wawancara

1. Sudah tinggal di rumah adat sejak lahir. Pernah ngekos untuk sekolah diluar kota. Setelah tamat sekolah, kembali lagi tinggal disini (rumah adat).
2. Milik keluarga, diturunkan dari ayah. Usia rumanhnya mungkin sudah seratus tahun lebih.
3. Dulu tinggal dirumah dengan istri dan anak-anak, ada 7 orang anak, jadi total 9. Sekarang hanya tinggal berdua. Rumah juga sering di tinggal ke Medan saat musim kemarau dan tidak bisa bertani.
4. Kegiatan sehari-hari bertani kopi dan jagung, dilahan adat, letaknya ada di belakang rumah.
5. Masih ada pesta ada. Ketika ada pernikahan atau ada yang menikah, masih diselenggarakan pesta di huta ini.
6. Saluran air semua buat sendiri, tidak ada parit, tidak ada pipa pdam masuk. Sumber air bersih dari air hujan, Air di tampung di bak berukuran 1,5x5x1,5 m. Kalau penuh bisa bertahan sampai 3 bulan.
7. Listrik dirumah sudah menggunakan listrik prabayar. 900 watt.

Lampiran IV (Foto Wawancara)



Wawancara dengan Kepala Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan (Raja Sondang)



Wawancara dengan Kepala Desa Huta Bolon (Boyking Sihalohe)



Wawancara dengan Sekretaris SatPol PP Kabupaten Samosir (J.B Turnip)



Wawancara dengan Warga lokal (Bapak Fresly)

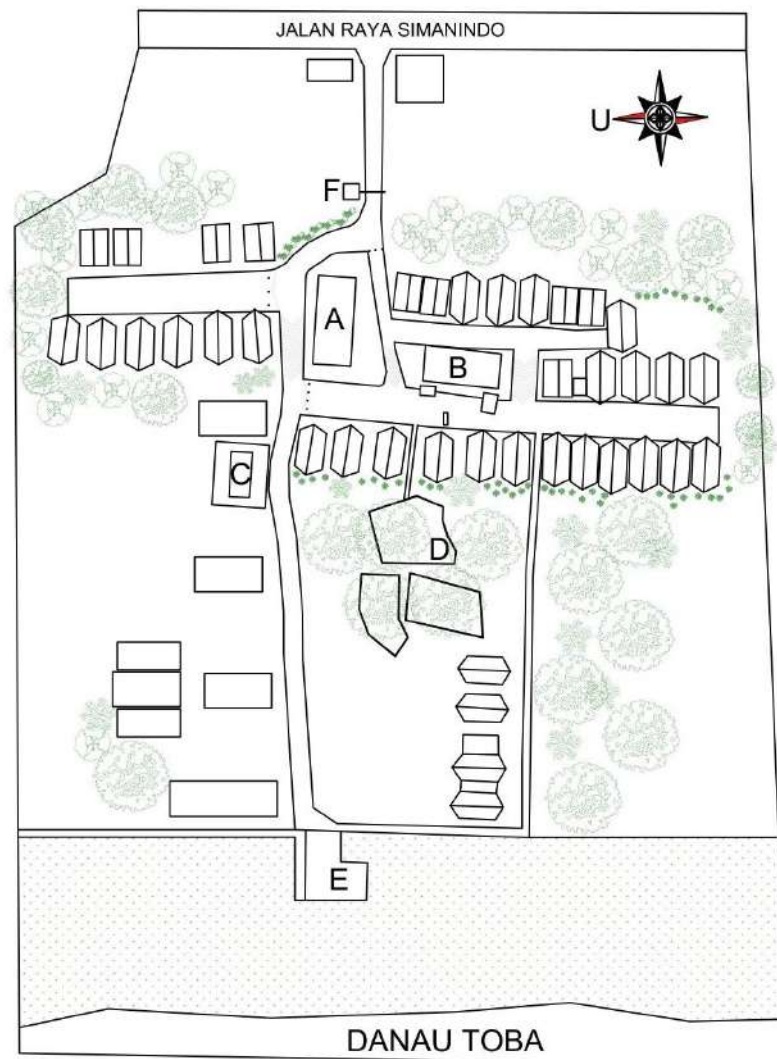


Wawancara dengan Warga lokal (Jahotman Turnip)



Wawancara dengan Warga lokal

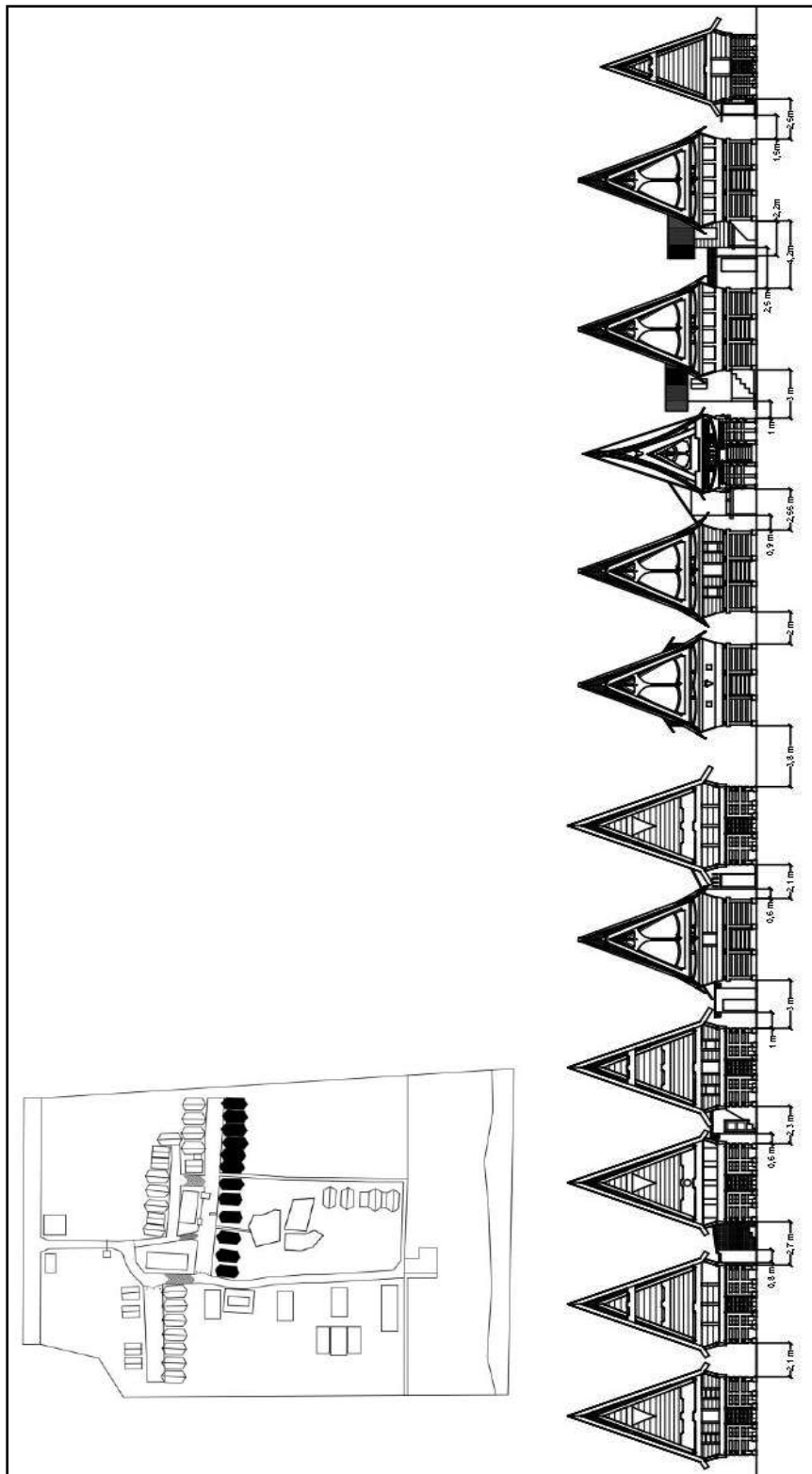
Lampiran V (Ilustrasi Kawasan)



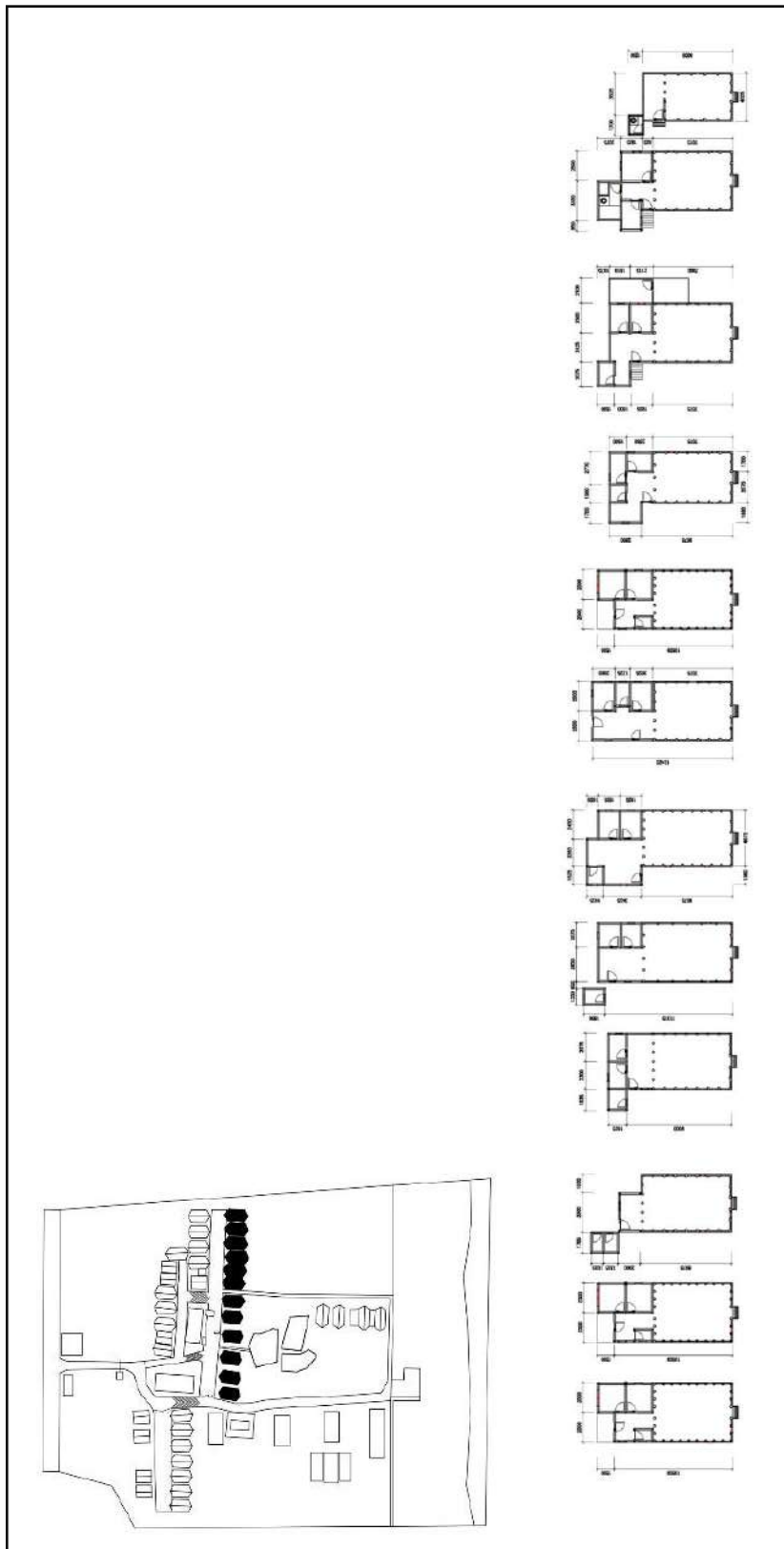
LEGENDA

-  RUMAH TRADISIONAL
-  RUMAH KONVENSIONAL
- A** PUSAT INFORMASI
- B** MAKAM
- C** TOILET
- D** POHON KERAMAT
- E** COFFESHOP

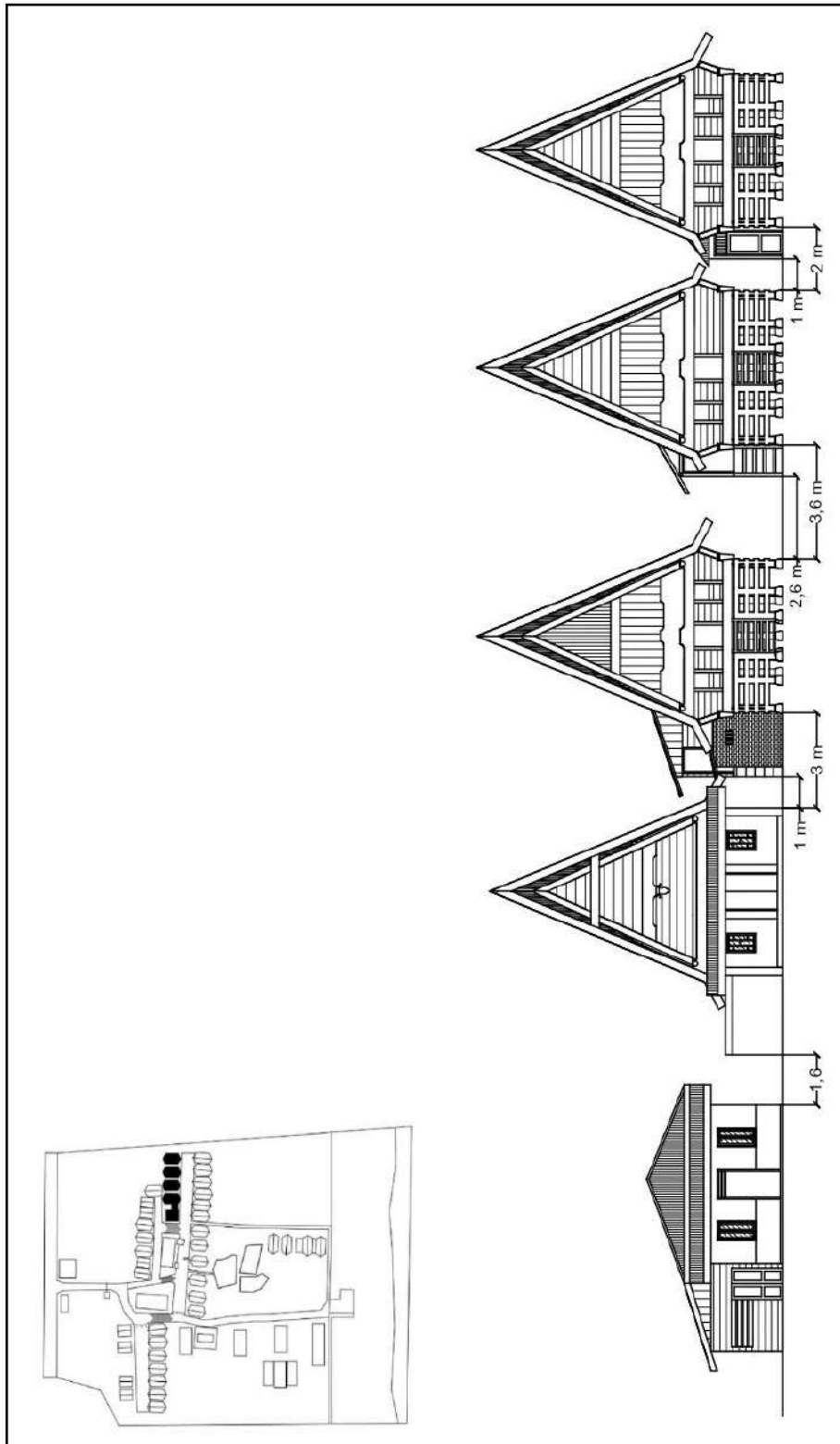
Gambar Peta Kawasan



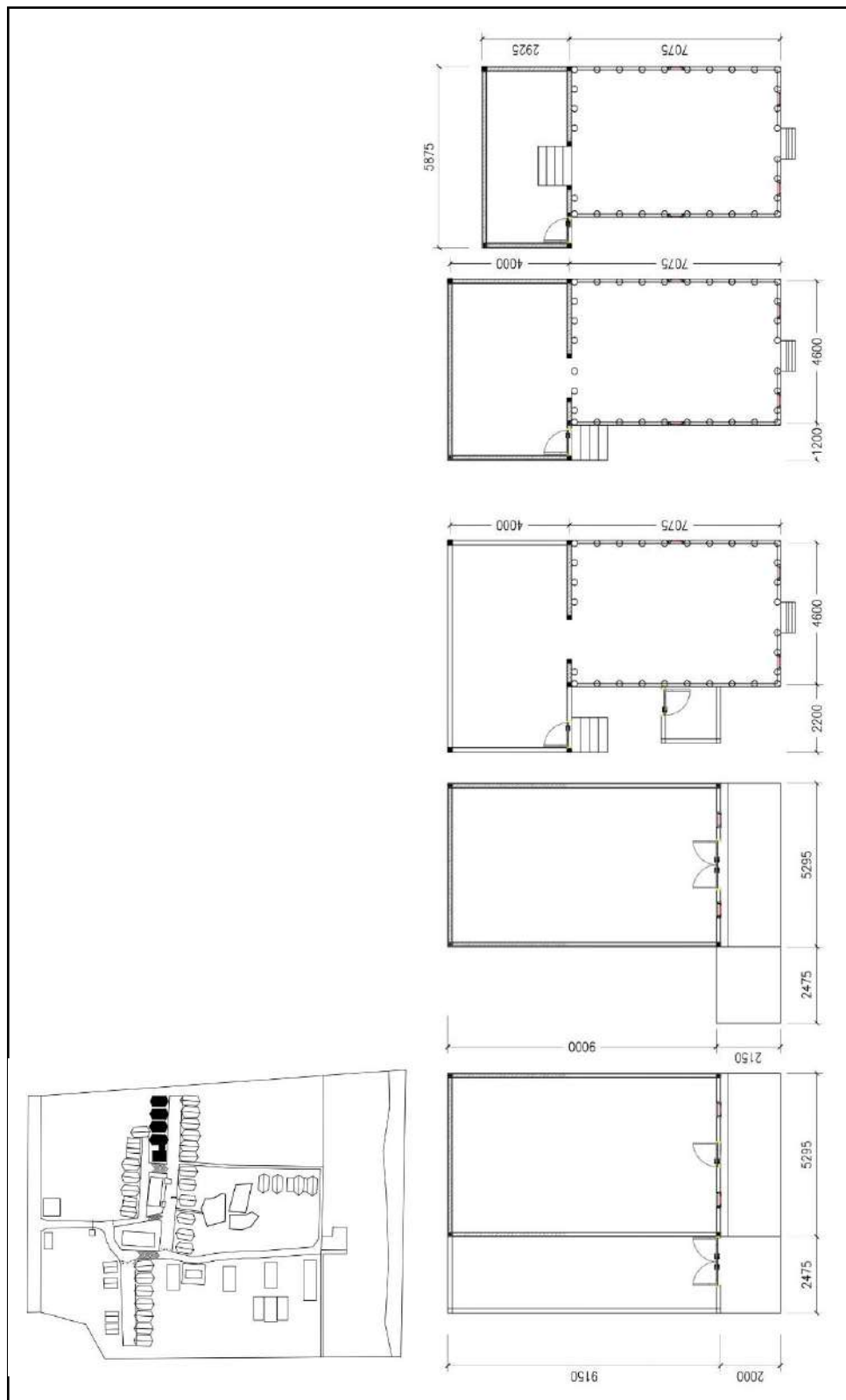
Tampak bangunan blok massa selatan baris paling barat



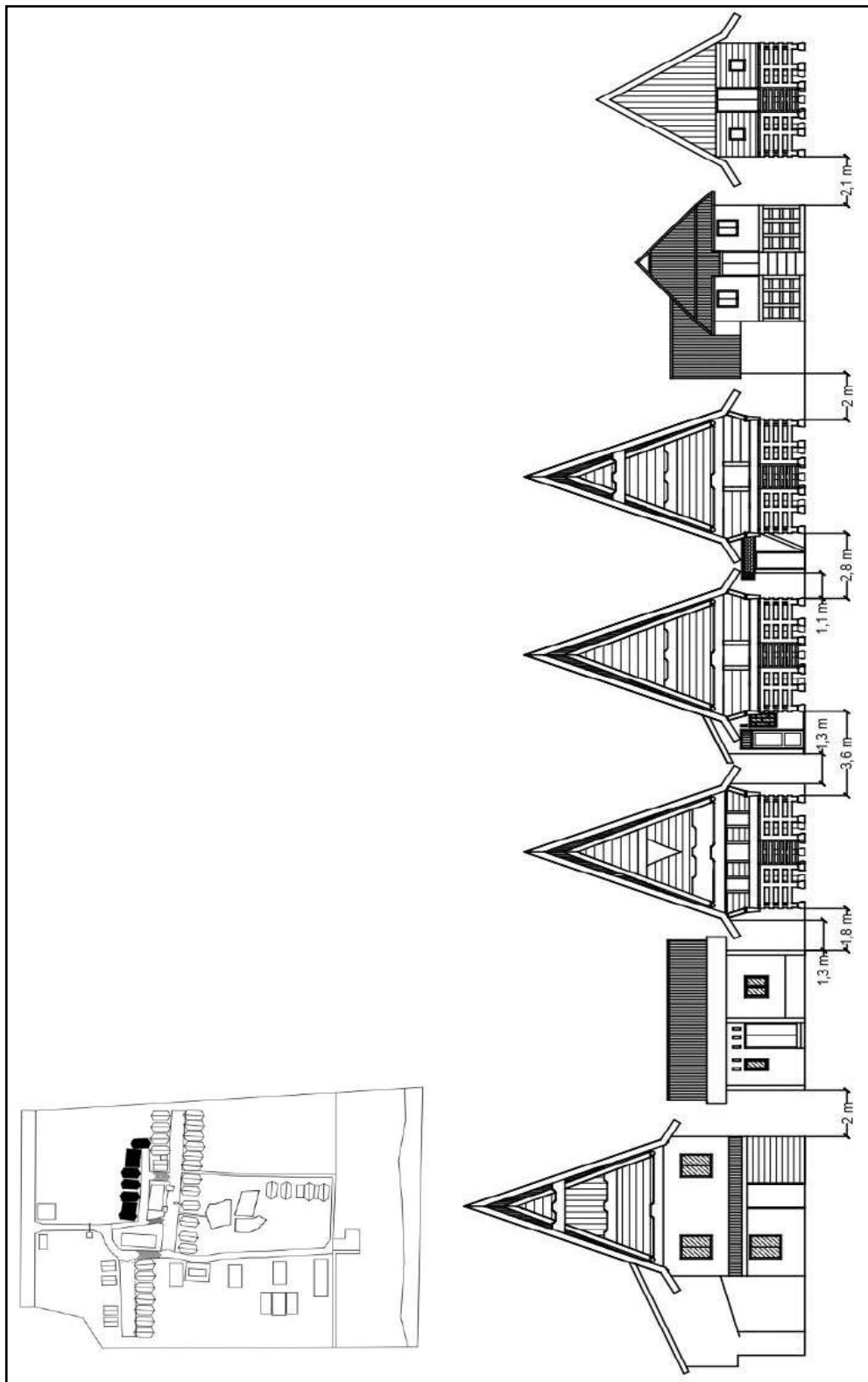
Denah bangunan blok massa selatan baris paling barat



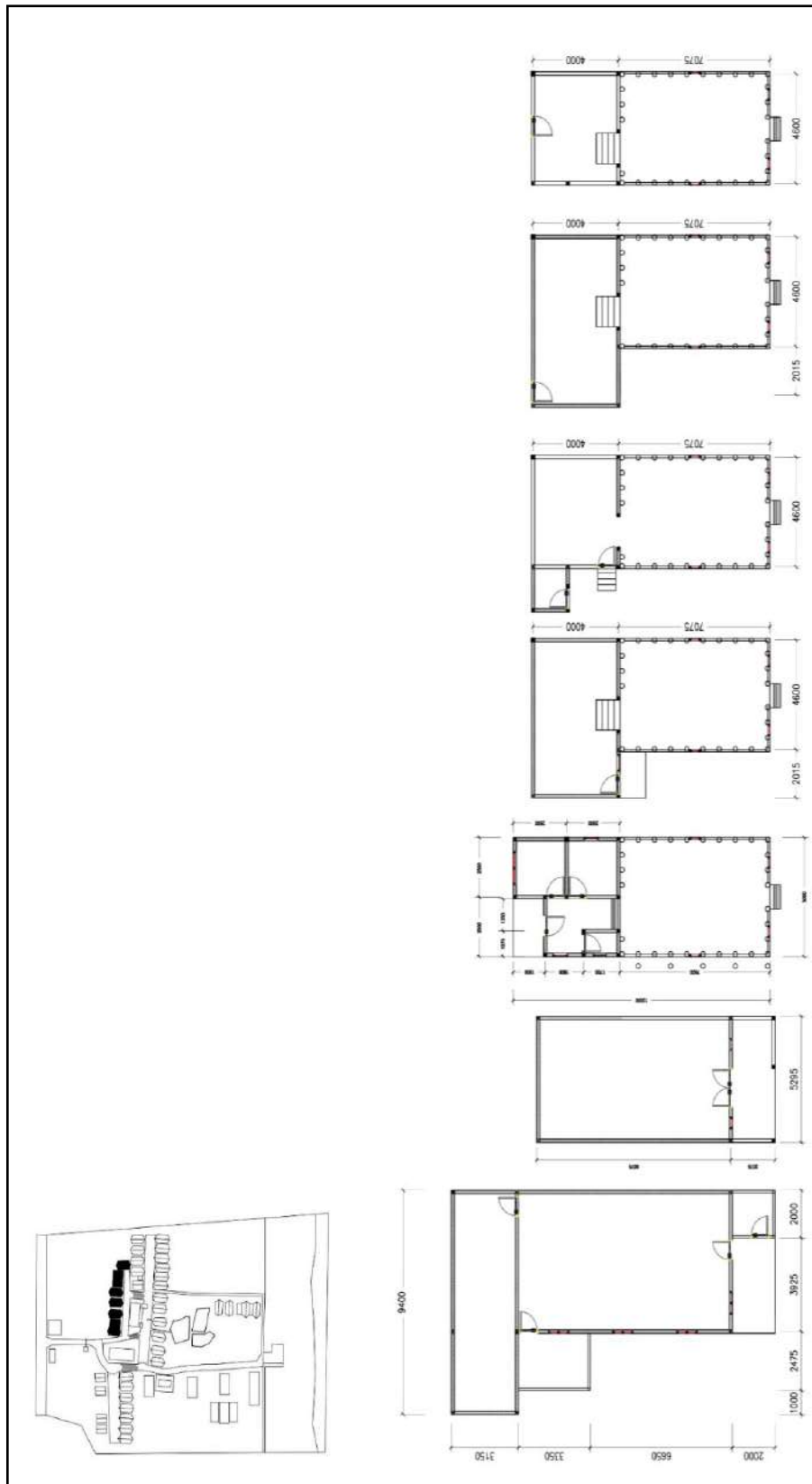
Tampak bangunan blok massa selatan baris tengah



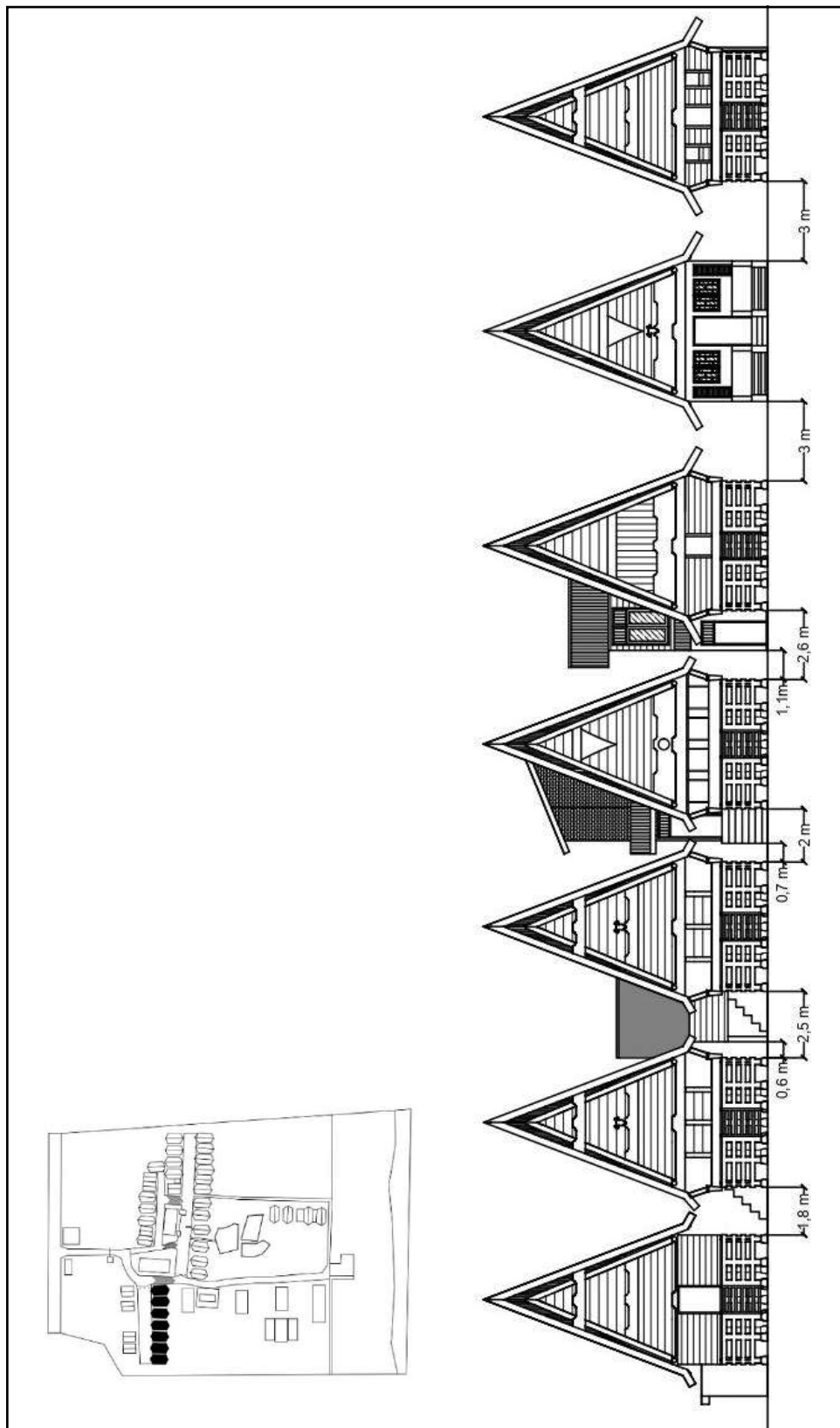
Denah bangunan blok massa selatan baris tengah



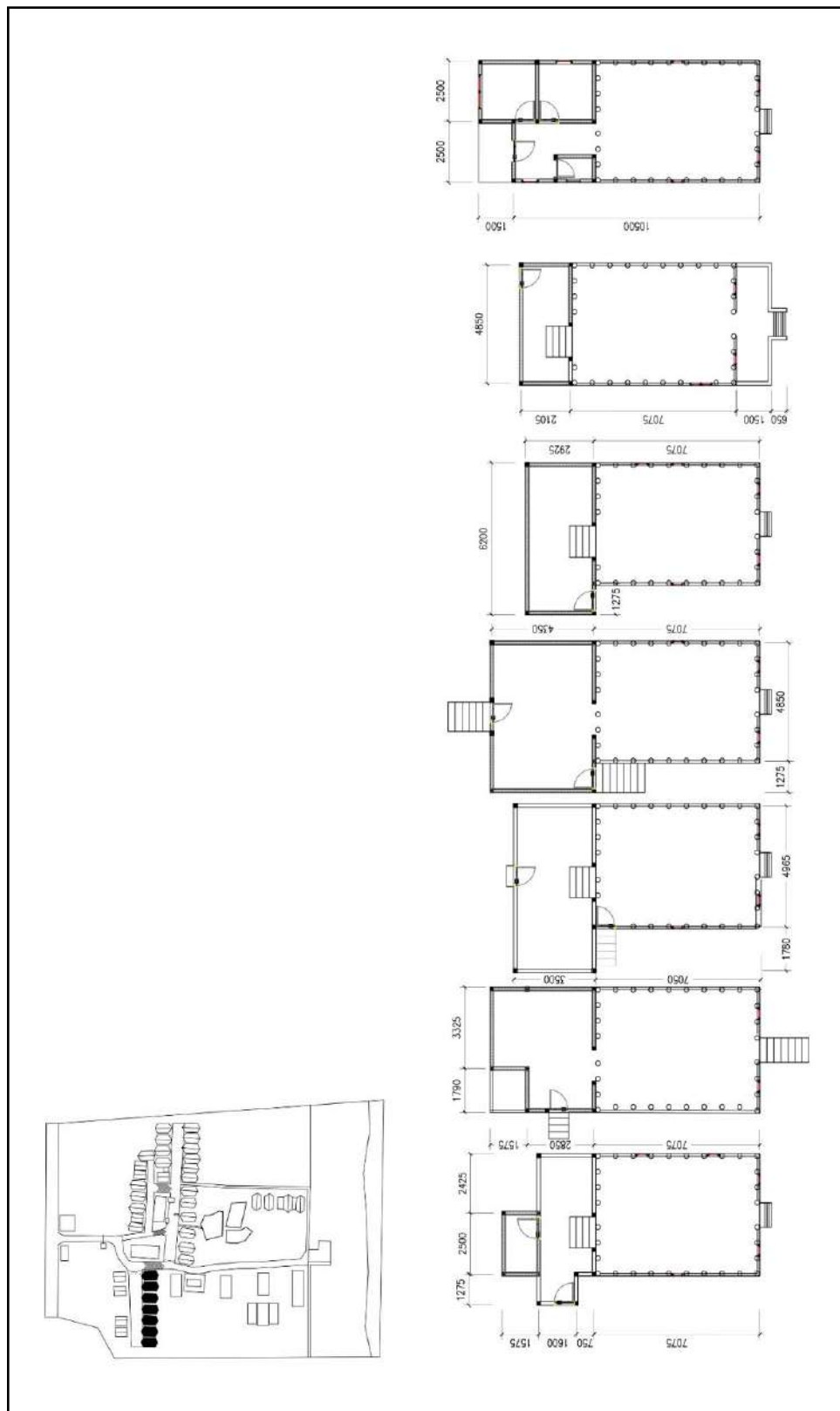
Tampak bangunan blok massa selatan baris paling timur



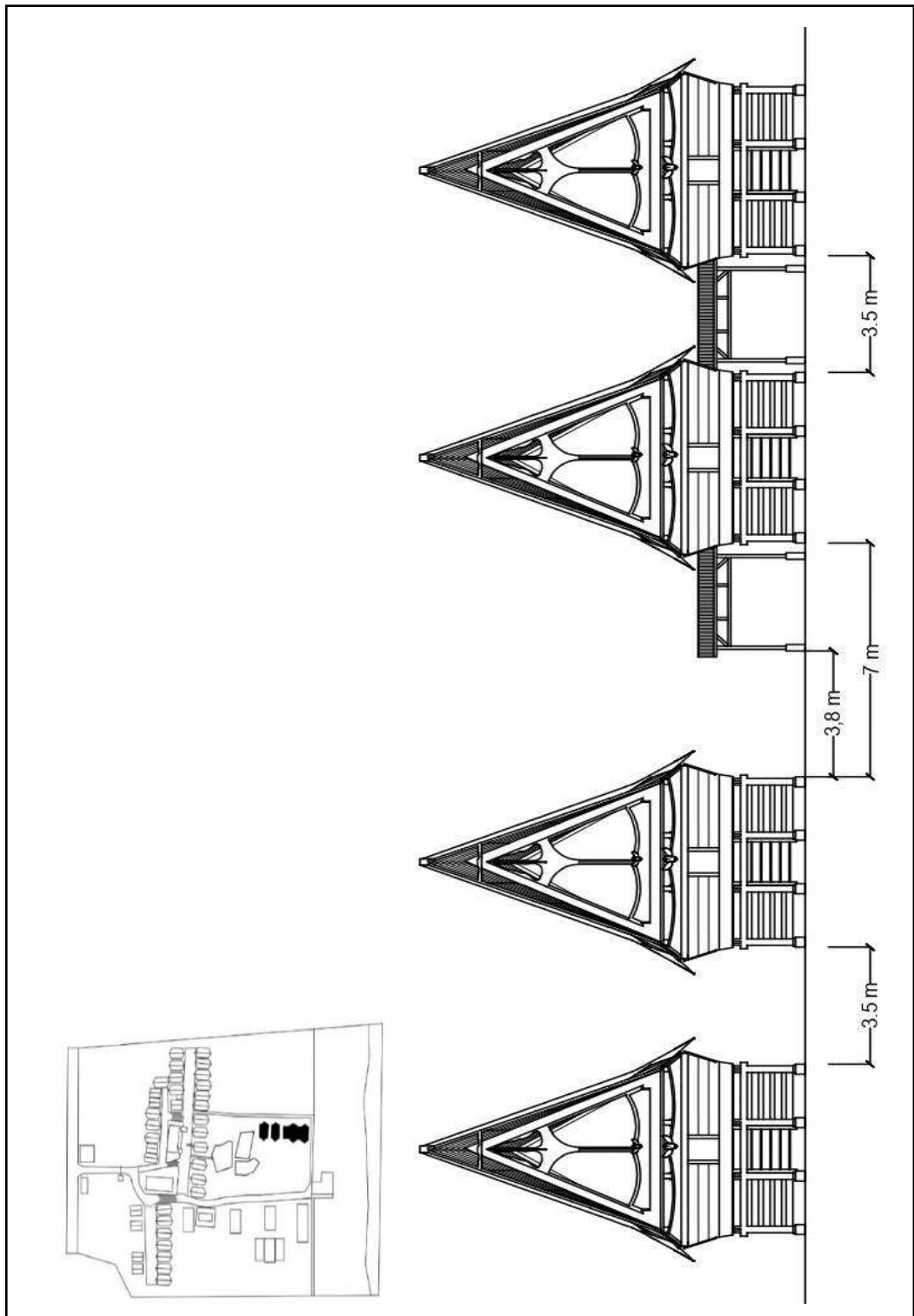
Denah bangunan blok massa selatan baris paling timur



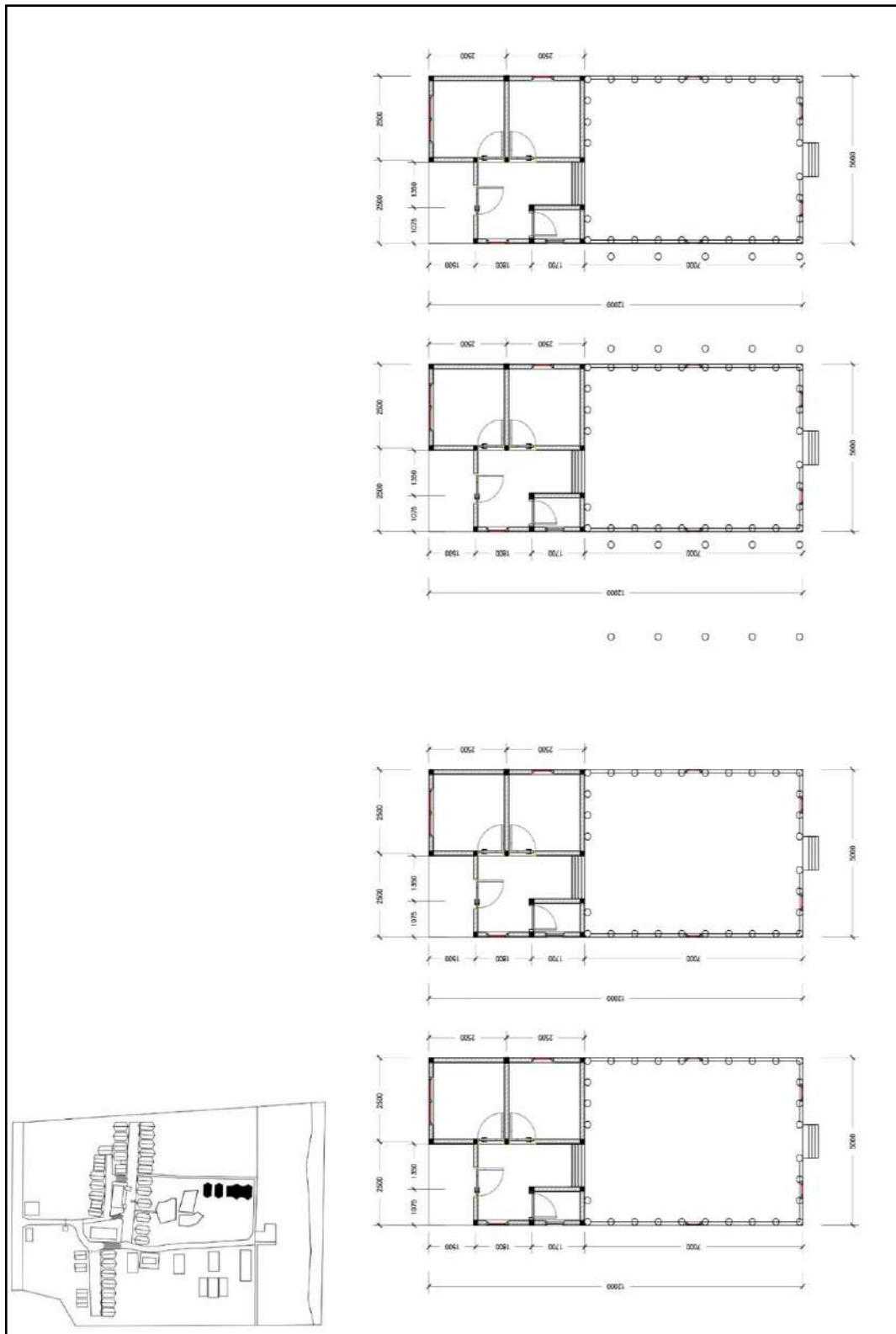
Tampak bangunan blok massa utara



Denah bangunan blok massa utara



Tampak bangunan blok massa barat



Denah bangunan blok massa barat

Lampiran VI (Perhitungan AHP)

Perbandingan Nilai Hirarki antar Indikator pada Variabel Desain Site

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Indikator Variabel Desain Site Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int. Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Sumber Air																			Jarak Antar bangunan
Sumber Air																			Penataan Blok Massa
Sumber Air																			Ruang terbuka
Sumber Air																			Keberadaan benda mudah terbakar
Jarak Antar bangunan																			Penataan Blok Massa
Jarak Antar bangunan																			Ruang terbuka
Jarak Antar bangunan																			Keberadaan benda mudah terbakar
Penataan Blok Massa																			Ruang terbuka
Penataan Blok Massa																			Keberadaan benda mudah terbakar
Ruang terbuka																			Keberadaan benda mudah terbakar

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Sumber air	Jarak bangunan	Penataan blok massa	Ruang terbuka	Keberadaan benda mudah terbakar	Nilai Eigen					Jumlah	Rata-Rata
Sumber air	1	0.2	2	3	4	0.141	0.105	0.167	0.346	0.346	1.105	0.221
Jarak bangunan	5	1	5	4	4	0.706	0.526	0.417	0.462	0.462	2.572	0.514
Penataan blok massa	0.5	0.2	1	0.333	1	0.071	0.105	0.083	0.038	0.038	0.336	0.067
Ruang terbuka	0.333	0.25	3	1	3	0.047	0.132	0.25	0.115	0.115	0.659	0.132
Keberadaan benda mudah terbakar	0.25	0.25	1	0.333	1	0.035	0.132	0.083	0.038	0.038	0.327	0.065
Jumlah	7.083	1.9	12	8.667	13							1

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(7,083 \times 0,221) + (1,9 \times 0,514) + (12 \times 0,0067) + (8,667 \times 0,132) + (13 \times 0,065)$	=	5,34351
CI	=	$(5,34351 - 5) / (5 - 1)$	=	0,08588
CR	=	$(0,08588 / 1,12)$	=	0,07668

Tabel Persentase Hierarki Indikator dalam Variabel Desain Site

Indikator	Hierarki
Sumber air	22,1 %
Jarak bangunan	51,4 %
Ruang terbuka	13,2 %

Penataan Blok massa	6,7 %
Keberadaan benda mudah terbakar	6,5 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Sumber Air

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Sumber Air Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Kapasitas																			Jarak

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Kapasitas	Jarak	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Kapasitas	1,000	0,250	0,200	0,200	0,400	0,200
Jarak	4,000	1,000	0,800	0,800	1,600	0,800
Jumlah	5,000	1,250				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda a Max	=	$(5 \times 0,20) + (1,205 \times 0,80)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Sumber Air

Parameter	Hierarki
Jarak sumber air	80 %
Kapasitas sumber air	20 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Jarak Antar Bangunan

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Jarak antar Bangunan Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Sisi Samping																			Sisi Depan

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Sisi samping	Sisi Depan	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Sisi samping	1,000	3,000	0,750	0,750	1,500	0,750
Sisi Depan	0,333	1,000	0,250	0,250	0,500	0,250
Jumlah	1,333	4,000				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamd a Max	=	$(1,3 \times 0,75) + (4 \times 0,25)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Jarak antar bangunan

Parameter	Hierarki
Jarak sisi samping	75 %
Jarak sisi depan	25 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Penataan Blok Masa

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Penataan Blok Masa Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Susunan Massa dalam Site																			Posisi Massa terhadap Jalan

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Susunan Massa	Posisi Massa	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Susunan Massa dalam Site	1,000	7,000	0,875	0,875	1,750	0,875
Posisi Massa terhadap Jalan	0,143	1,000	0,125	0,125	0,250	0,125
Jumlah	1,143	8,000				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamd a Max	=	$(1,143 \times 0,875) + (8 \times 0,125)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Peletakan Blok Massa

Parameter	Hierarki
Susunan masa dalam site	87,5 %
Posisi masa terhadap jalan	12,5 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Ruang Terbuka

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Ruang Terbuka Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Luasan																			Kondisi Permukaan

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Luasan	Kondisi Permukaan	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Luasan	1,000	3,000	0,750	0,750	1,500	0,750
Kondisi Permukaan	0,333	1,000	0,250	0,250	0,500	0,250
Jumlah	1,333	4,000				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamd a Max	=	$(1,333 \times 0,75) + (4 \times 0,25)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Ruang Terbuka

Parameter	Hierarki
Luasan	75 %
Kondisi Permukaan	25 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Keberadaan Benda Mudah Terbakar

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Keberadaan Benda Mudah Terbakar Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Benda dapat berpindah																			Benda tidak dapat berpindah

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Benda dapat berpindah	Benda tidak dapat	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Benda dapat berpindah	1,000	0,143	0,125	0,125	0,250	0,125
Benda tidak dapat berpindah	7,000	1,000	0,875	0,875	1,750	0,875
Jumlah	8,000	1,143				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamd a Max	=	$(8 \times 0,125) + (1,143 \times 0,875)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Keberadaan Benda Mudah Terbakar

Parameter	Hierarki
Benda tidak dapat berpindah	87,5 %
Benda dapat berpindah	12,5 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Indikator pada Variabel Aksesibilitas

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Indikator Variabel Aksesibilitas Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int. Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Pemadam Kebakaran Terdekat																			Kondisi Jalan
Pemadam Kebakaran Terdekat																			Akses di dalam Site
Kondisi Jalan																			Akses di dalam Site

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	PMK Terdekat	Kondisi Jalan	Akses di dalam site	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
PMK Terdekat	1,000	3,000	3,000	0,600	0,667	0,500	1,767	0,589
Kondisi Jalan	0,333	1,000	2,000	0,200	0,222	0,333	0,756	0,252
Akses di dalam site	0,333	0,500	1,000	0,200	0,111	0,167	0,478	0,159
Jumlah	1,667	4,500	6,000					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(1,667 \times 0,589) + (4,5 \times 0,252) + (6 \times 0,159)$	=	3,07037
CI	=	$(3,07037 - 3) / (3 - 1)$	=	0,03519
CR	=	$(0,03519 / 0,58)$	=	0,06066

Tabel Persentase Hierarki Indikator dalam variabel Aksesibilitas

Indikator	Hierarki
PMK Terdekat	58,9 %
Kondisi Jalan	25,2 %
Akses di dalam site	15,9 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Pemadam Kebakaran Terdekat

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Pemadam Kebakaran Terdekat Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Waktu Tempuh																			Jumlah Armada

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Waktu Tempuh	Jumlah Armada	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Waktu Tempuh	1,000	5,000	0,833	0,833	1,667	0,833
Jumlah Armada	0,200	1,000	0,167	0,167	0,333	0,167
Jumlah	1,200	6,000				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lambda Max	=	$(1,2 \times 0,833) + (6 \times 0,167)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Pemadam Kebakaran Terdekat

Parameter	Hierarki
Waktu Tempuh	83,33 %
Jumlah Armada	16,77 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Kondisi Jalan

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Kondisi Jalan pada Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Dimensi Jalan																			Topografi
Dimensi Jalan																			Kondisi Permukaan

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Keberadaan obstacle	Akomodasi manufer unit PMK	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Keberadaan obstacle	1,000	5,000	0,833	0,833	1,667	0,833
Akomodasi manufer unit PMK	0,200	1,000	0,167	0,167	0,333	0,167
Jumlah	1,200	6,000				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamd a Max	=	$(1,2 \times 0,833) + (6 \times 0,167)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Aksesibilitas dalam Site

Parameter	Hierarki
Keberadaan <i>obstacle</i>	83,33 %
Akomodasi manufer unit PMK	16,77 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Indikator pada Variabel Struktur

Tabel Perbandingan nilai intensitas kepentingan antar indikator variabel struktur sistem proteksi pasif kebakaran rumah tradisonal Batak Toba

Int.Kepentin gan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Stabilitas Struktur																			Integritas Struktur
Stabilitas Struktur																			Konduktiv itas Struktur
Integritas Struktur																			Konduktiv itas Struktur

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Stabilitas Struktur	Integritas Struktur	Konduktifitas Struktur	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
Stabilitas Struktur	1,000	0,333	3,000	0,231	0,211	0,375	0,816	0,272
Integritas Struktur	3,000	1,000	4,000	0,692	0,632	0,500	1,824	0,608
Konduktifitas Struktur	0,333	0,250	1,000	0,077	0,158	0,125	0,360	0,120
Jumlah	4,333	1,583	8,000					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(4,33 \times 0,272) + (1,583 \times 0,608) + (8 \times 0,120)$	=	3,10121
CI	=	$(3,10121 - 3) / (3 - 1)$	=	0,05061
CR	=	$(0,05061 / 0,58)$	=	0,08725

Tabel Persentase Hierarki Indikator dalam Variabel Struktur

Indikator	Hierarki
Integritas Struktur	60,8 %
Stabilitas Struktur	27,2 %
Konduktivitas struktur	12

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Stabilitas Struktur

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Stabilitas Struktur Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Kolom																			Balok
Kolom																			Rangka Atap
Balok																			Rangka Atap

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Kolom	Balok	Rangka Atap	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
Kolom	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Balok	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Rangka Atap	3,000	3,000	1,000	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Jumlah	5,000	5,000	1,667					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(5 \times 0,2) + (5 \times 0,2) + (1,667 \times 0,6)$	=	3
CI	=	$(3-3)/(3-1)$	=	0
CR	=	$(0/0,58)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Stabilitas Struktur

Parameter	Hierarki
Rangka Atap	60,00 %
Kolom	20,00%
Balok	20,00 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Integritas Struktur

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Integritas Struktur Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Kolom																			Balok
Kolom																			Balok
Balok																			Rangka Atap

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Kolom	Balok	Rangka Atap	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
Kolom	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Balok	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Rangka Atap	3,000	3,000	1,000	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Jumlah	5,000	5,000	1,667					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamd a Max	=	$(5 \times 0,2) + (5 \times 0,2) + (1,667 \times 0,6)$	=	3
CI	=	$(3-3)/(3-1)$	=	0
CR	=	$(0/0,58)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Integritas Struktur

Parameter	Hierarki
Rangka Atap	60,00 %
Kolom	20,00%
Balok	20,00 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Konduktivitas Struktur

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Konduktivitas Struktur Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Kolom																			Balok
Kolom																			Balok
Balok																			Rangka Atap

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Kolom	Balok	Rangka Atap	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
Kolom	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Balok	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Rangka Atap	3,000	3,000	1,000	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Jumlah	5,000	5,000	1,667					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(5 \times 0,2) + (5 \times 0,2) + (1,667 \times 0,6)$	=	3
CI	=	$(3-3)/(3-1)$	=	0
CR	=	$(0/0,58)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Konduktivitas Struktur

Parameter	Hierarki
Rangka Atap	60,00 %
Kolom	20,00%
Balok	20,00 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Indikator pada Variabel Material

Tabel Perbandingan nilai intensitas kepentingan antar indikator variabel material sistem proteksi pasif kebakaran rumah tradisonal Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Flamabilitas Material																			Konduktivitas Material
Flamabilitas Material																			Perambatan Material
Flamabilitas Material																			Resistensi Material
Konduktivitas Material																			Perambatan Material
Konduktivitas Material																			Resistensi Material
Perambatan Material																			Resistensi Material

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Flamabilitas material	Konduktifitas material	Perambatan material	Resistensi material	Nilai Eigen				Jumlah	Rata-rata
Flamabilitas material	1,000	4,000	3,000	4,000	0,545	0,444	0,621	0,471	2,081	0,520
Konduktifitas material	0,250	1,000	0,500	0,500	0,136	0,111	0,103	0,059	0,410	0,102
Perambatan material	0,333	2,000	1,000	3,000	0,182	0,222	0,207	0,353	0,964	0,241
Resistensi material	0,250	2,000	0,333	1,000	0,136	0,222	0,069	0,118	0,545	0,136
Jumlah	1,833	9,000	4,833	8,500						1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(1,833 \times 0,52) + (9 \times 0,102) + (4,833 \times 0,241) + (8,5 \times 0,136)$	=	4,19904
CI	=	$(4,19904 - 4) / (4 - 1)$	=	0,06635
CR	=	$(0,06635 / 0,9)$	=	0,07372

Tabel Persentase Hierarki Indikator dalam Variabel Material

Indikator	Hierarki
Flamabilitas material	52 %
Perambatan material	24,1 %
Resistensi material	13,6 %
Konduktivitas material	10,2%

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Flamabilitas Material

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan antar Parameter Indikator Flamabilitas Material Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Dinding																			Lantai
Dinding																			Atap
Lantai																			Atap

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Dinding	Lantai	Atap	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
Dinding	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Lantai	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Atap	3,000	3,000	1,000	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Jumlah	5,000	5,000	1,667					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda a Max	=	$(5 \times 0,2) + (5 \times 0,2) + (1,667 \times 0,6)$	=	3
CI	=	$(3-3)/(3-1)$	=	0
CR	=	$(0/0,58)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Flamabilitas Material

Parameter	Hierarki
Atap	60,00 %
Lantai	20,00%
Dinding	20,00 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Konduktivitas Material

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan antar Parameter Indikator Konduktivitas Material Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Dinding																			Lantai
Dinding																			Atap
Lantai																			Atap

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Dinding	Lantai	Atap	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
Dinding	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Lantai	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Atap	3,000	3,000	1,000	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Jumlah	5,000	5,000	1,667					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda a Max	=	$(5 \times 0,2) + (5 \times 0,2) + (1,667 \times 0,6)$	=	3
CI	=	$(3-3)/(3-1)$	=	0
CR	=	$(0/0,58)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Konduktivitas Material

Parameter	Hierarki
Atap	60,00 %
Lantai	20,00%
Dinding	20,00 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Perambatan Material

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan antar Parameter Indikator Perambatan Material Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisonal Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Dinding																			Lantai
Dinding																			Atap
Lantai																			Atap

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Dinding	Lantai	Atap	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
Dinding	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Lantai	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Atap	3,000	3,000	1,000	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Jumlah	5,000	5,000	1,667					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(5 \times 0,2) + (5 \times 0,2) + (1,667 \times 0,6)$	=	3
CI	=	$(3-3)/(3-1)$	=	0
CR	=	$(0/0,58)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Perambatan Material

Parameter	Hierarki
Atap	60,00 %
Lantai	20,00%
Dinding	20,00 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Resistensi Material

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan antar Parameter Indikator Resistensi Material Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Dinding																			Lantai
Dinding																			Atap
Lantai																			Atap

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Dinding	Lantai	Atap	Nilai Eigen			Jumlah	Rata-rata
Dinding	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Lantai	1,000	1,000	0,333	0,200	0,200	0,200	0,600	0,200
Atap	3,000	3,000	1,000	0,600	0,600	0,600	1,800	0,600
Jumlah	5,000	5,000	1,667					1,000

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(5 \times 0,2) + (5 \times 0,2) + (1,667 \times 0,6)$	=	3
CI	=	$(3-3)/(3-1)$	=	0
CR	=	$(0/0,58)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Resistensi Material

Parameter	Hierarki
Atap	60,00 %
Lantai	20,00%
Dinding	20,00 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Indikator pada Variabel Tata Ruang

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Indikator Variabel Tata Ruang Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisonal Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Susunan Ruang																			Instalasi Listrik

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Susunan Ruang	Instalasi Listrik	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Susunan Ruang	1,000	0,250	0,200	0,200	0,400	0,200
Instalasi Listrik	4,000	1,000	0,800	0,800	1,600	0,800
Jumlah	5,000	1,250				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(5 \times 0,2) + (1,25 \times 0,8)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0

Tabel Persentase Hierarki Indikator dalam Variabel Tata Ruang

Indikator	Hierarki
Instalasi Listrik	80 %
Susunan Ruang	20 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Susunan Ruang

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator susunan ruang Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Kepadatan Ruang																			Posisi Ruang

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Kepadatan Ruang	Posisi Ruang	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Kepadatan Ruang	1,000	5,000	0,833	0,833	1,667	0,833
Posisi Ruang	0,200	1,000	0,167	0,167	0,333	0,167
Jumlah	1,200	6,000				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(1,2 \times 0,833) + (6 \times 0,167)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Susunan Ruang

Parameter	Hierarki
Kepadatan Ruang	83,33 %
Posisi Ruang	16,77 %

Perbandingan Nilai Hirarki antar Parameter pada Indikator Susunan Ruang

Tabel Perbandingan Nilai Intensitas Kepentingan Antar Parameter Indikator Instalasi Listrik Sistem Proteksi Pasif Kebakaran Rumah Tradisional Batak Toba

Int.Kepentingan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Distribusi Jaringan																			Beban Penggunaan

Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

Kriteria	Distribusi Jaringan	Beban Penggunaan	Nilai Eigen		Jumlah	Rata-Rata
Distribusi Jaringan	1,000	5,000	0,833	0,833	1,667	0,833
Beban Penggunaan	0,200	1,000	0,167	0,167	0,333	0,167
Jumlah	1,200	6,000				

Tabel Pengujian Konsistensi Hierarki

Lamda Max	=	$(1,2 \times 0,833) + (6 \times 0,167)$	=	2
CI	=	$(2-2)/(2-1)$	=	0
CR	=	$(0/0)$	=	0,0

Tabel Persentase Hierarki Parameter dalam Indikator Instalasi Listrik

Parameter	Hierarki
Distribusi Jaringan	83,33 %
Beban Penggunaan	16,77 %

Lampiran VII (Deskripsi Umum Wilayah Penelitian)

A. Permukiman Tradisional Batak di Kawasan Pangururan

Secara harfiah, Pangururan berasal dari kata urur yang berarti kasau atau kayu bulat (Marbun, 2006). Kecamatan Pangururan ini merupakan Ibukota Kabupaten Samosir yang memiliki jumlah desa terbanyak yaitu berjumlah 28 desa dengan luas wilayah 8,41% dari luas wilayah Kabupaten Samosir. Kecamatan ini telah menjadi pusat pemerintahan Pulau Samosir sejak zaman Hindia-Belanda. Pada tahun 1910 pemerintah Hindia-Belanda membentuk Keresidenan Tapanuli yang terdiri dari 4 wilayah (afdeling) yakni Padang Sidempuan, Nias, Sibolga dan Ommnenlanden, dan Bataklanden. Afdeling Bataklanden dibagi lagi menjadi sub-wilayah (onderafdeling) dan Samosir yang menjadi salah satu bagian dari sub-wilayahnya yang beribukota di Pangururan (Sirait, 2021) .

Sebagai ibukota *onderafdeling*, Pangururan tentu sudah memiliki fasilitas modern untuk ukuran zamannya seperti kantor pemerintahan, penjara, rumah sakit, sekolah, dan gereja (Sirait, 2021). Selain sebagai ibukota kabupaten, Pangururan juga merupakan tempat perdagangan yang dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas khas perkotaan seperti sarana hiburan dan tempat wisata. Sejak zaman kemerdekaan hingga tahun 1980-an, satu-satunya tempat transit yang paling populer di Samosir adalah Tano Ponggol yang terdapat di kecamatan Pangururan. Tano Ponggol merupakan daerah transit bagi orang-orang yang melakukan aktivitas perdagangan seperti orang-orang yang berasal dari Sidikalang, Tanah Karo, dan Sumbul dengan hasil-hasil bumi yang berasal dari Samosir seperti bawang, jagung, kacang (hasil utama saat itu) dengan tujuan kota dagang kecil yaitu Haranggaol setiap hari

seninnya dan Tigaras setiap hari Jumat (Manurung, 2006).

Namun, ditengah modernisasi yang terjadi, masih ada juga kelompok-kelompok masyarakat yang terus memegang teguh budaya batak di Pangururan. Maka dari itu, permukiman tradisional batak juga masih mudah dijumpai di Kecamatan Pangururan. Adapun Permukiman Tradisional Batak Toba yang masih eksis hingga kini diantaranya seperti Kampung Situngkir di desa Sialanguan, Kampung Saragi di Desa Lumban Suhi – Suhi Dolok, kampung Saragi di desa Aek Nauli, Kampung Huta Simangonding di kelurahan Siogung – ogung, Kampung Sigalingging Sosor di Desa Rianiate, Kampung Lumban Sinaga di Desa Tanjung Bunga, Kampung Nagatimbul di Desa Parhorasan, Kampung Parbaba Dolok di Desa Parbaba, Kampung Huta Raja di Desa Huta Bolon dan Kampung Raja di Desa Situngkir, Kampung Lumban Tonga-Tonga Desa Huta Bolon, Kampung Lumban Sitohang Desa Lumban Suhi-suhi Toruan, dan Kampung Hutaraja Desa Lumban Suhi-suhi Toruan.

Sejarah Permukiman Tradisional Batak Toba

Rumah Adat Batak Toba merupakan sebuah rumah adat yang memiliki kekhasan, yaitu tidak memiliki kuda-kuda seperti rumah Joglo di Jawa Tengah, atau Rumah Panjang di Kalimantan. Sistem ikat digunakan dalam struktur Rumah Adat Batak, mengingatkan kita seperti struktur layar yang ada di sampan. Sebab itu, sebagian orang Batak mempercayai bahwa Bangsa Batak tiba di Pulau Sumatra dengan menggunakan kapal layar (Siahaan,2019).

Masyarakat Batak merupakan keturunan Proto Malayan yang merantau mencari lahan baru ke bagian selatan dari benua Asia. Mereka memasuki pulau Sumatra melalui Barus, menelusuri Bukit Barisan, melewati Tele, untuk kemudian menetap di lereng Dolok Pusuk Buhit (Hanan, 2014). Masyarakat Batak menganggap Sianjur Mula-mula yang berada di kaki gunung Pusuk Buhit (di seberang kota Pangururan Samosir) sebagai asal muasal dari perkembangan permukiman Batak (Simanjuntak & Simatupang, 2023).

Bangsa Proto Malayan memiliki sifat tertutup dan memilih untuk bermukim di daerah lembah, sungai atau pegunungan, di mana mereka dapat bercocok tanam dan berkebun. Daerah danau Toba merupakan daerah yang ideal bagi bangsa proto Malayan karena dataran rendahnya serta kedekatannya dengan sumber air memudahkan mereka untuk membuka lahan pertanian seperti sawah (Hanan, 2014).

Sebuah permukiman Batak kemudian hadir menjadi satuan produksi dan konsumsi dari lahan pertanian yang telah dibuat oleh bangsa Proto Malayan. Adapun tujuan dibangunnya permukiman itu adalah untuk mendapatkan kesejahteraan masyarakat dan menciptakan tempat tinggal yang aman dari serangan musuh dan orang-orang asing (Hanan, 2014).

Permukiman Tradisional Batak Toba atau Huta merupakan hasil adaptasi lingkungan sebagai upaya masyarakat Batak Toba dalam menjawab tantangan alam lingkungan di Danau Toba. Untuk mendapatkan lokasi permukiman yang rata, maka dilakukan suatu usaha dengan meratakan atau memangkas lereng. Selain itu, upaya lain yang dilakukan adalah dengan memindahkan material-material batuan yang ada pada lokasi yang dipilih dan kemudian menyusunnya menjadi

benteng huta (Setiawan, 2010).

Dalam membangun huta diperlukan beberapa konsep-konsep dasar yang harus diperhatikan, antara lain tata guna lahan serta ideologi. Permukiman dibangun dengan halaman(alaman) sebagai roh dari sebuah huta. Alaman harus berorientasi ke arah Pusuk Buhit, kiblat masyarakat Batak Toba. Permukiman dibangun pada lokasi yang tidak mengganggu areal persawahan (Setiawan, 2010).

Karakteristik Permukiman Tradisional Batak Toba

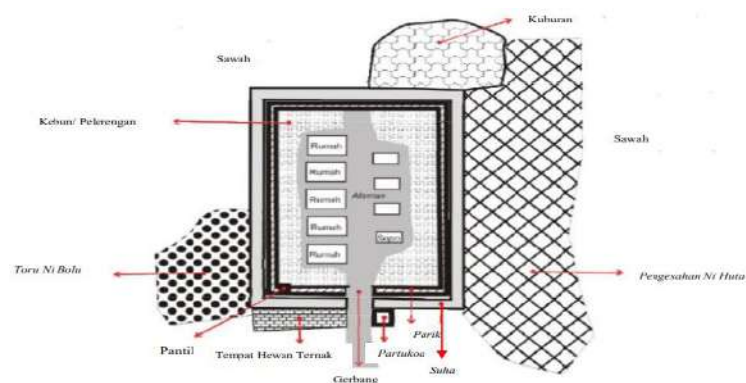
Bangunan tradisional memiliki karakteristik yang spesifik, bergantung pada ketersediaan bahan bangunan, penguasaan teknologi dan struktur, dan dikerjakan secara gotong royong. Dengan demikian bangunan tradisional bukanlah produk barang jadi, namun sangat dipengaruhi peran pemakai, masyarakat, dan perencana (Priyotomo, 2010; Siahaan, 2017).

Suatu perkampungan tradisional Batak Toba disebut dengan Huta. Terdapat 13 unsur yang mendasar dalam suatu Huta, yaitu Rumah dan Sopo (lumbung padi), sawah, kebun, halaman, parik (benteng yang mengelilingi kampung), suha (saluran air), pantil (tempat mengintai musuh), partukoan (tempat berkumpul warga), tempat hewan ternak setelah digembalakan, kuburan, pintu gerbang kampung, pangeahan ni huta (tanah cadangan untuk perluasan huta, terkadang boleh dijadikan sawah terlebih dahulu), toru ni bolu (tanah cadangan yang tidak boleh dijadikan persawahan) (Siahaan, 2005; Marpaung dkk., 2019).



Gambar Perkampungan Batak Toba

Perkampungan Suku Batak Toba menerapkan pola berbanjar dua. Setiap banjar tersusun dari beberapa bangunan serta terdapat halaman diantara dua banjar tersebut. Sebuah huta dilengkapi dengan dua pintu gerbang atau dalam bahasa batak disebut bahal. Bahal terletak di sisi utara dan selatan huta. Sekeliling huta dipagari oleh parik. Parik adalah susunan batu - batu setinggi 2m. Pada setiap sudut huta terdapat menara yang berfungsi untuk mengintai musuh. Maka, secara garis besar sebuah huta dapat digambarkan sebagai perkampungan suku batak dengan penataan yang terdiri dari beberapa Jabu (Rumah) dan Sopo (Lumbung) dengan posisi saling berhadapan dan berporos pada arah utara selatan atau berorientasi pada gunung Pusuk Buhit.



Gambar *Layout* Huta

Sumber : Marpaung dkk., 2019

Menurut Sitor Situmorang, Huta merupakan tempat kediaman yang selalu berada di lereng bukit atau gunung. Hal ini disebabkan karena lokasi tersebut tidak dipergunakan sebagai persawahan. Biasanya sebuah huta dikelilingi oleh tembok dari batu atau bambu dengan lebar rata-rata 50 meter dan panjangnya 70 meter. Barisan rumah kediaman berada pada tahap satu lereng bukit, dan di depannya terdapat lapangan luas yang tidak becek dan juga tidak berdebu. Lapangan huta ini pada umumnya berorientasi ke arah Pusuk Buhit, namun ada beberapa yang berorientasi ke bukit terdekat. Hal itu dihubungkan dengan konsep bahwa Pusuk Buhit merupakan kiblat bagi orang Batak. Lapangan tersebut merupakan tempat keramat yang digunakan untuk lokasi berbagai upacara adat seperti kurban maupun perkawinan, maupun memberangkatkan orang yang hendak pergi (Aleida dkk., 2009: 52—8 ; Setiawan, 2010).

Batas wilayah sebuah huta diberikan pada saat acara penobatan Raja Huta tersebut. Batas wilayah datandai dengan pancang dan kemudian dibangun benteng yang mengelilingi Huta atau disebut dengan parik. Parik memiliki ketinggian 2- 3 meter dengan tebal rata-rata 1,5 meter, beberapa huta ditemukan memiliki dua lapis benteng. Selain Bantu, Parik juga dapat dibangun dengan material tanah liat. Di bagian atas parik ditanami berbagai jenis pohon bambu. Jenis pohon bambu yang berduri (bului duri) biasa ditanam pada sisi luar. Sedangkan, pada bagian dalam parik, jenis pohon-pohon yang ditanam adalah pohon yang bisa berfungsi juga sebagai peneduh. Di sekitar parik terdapat bidang lahan yang merupakan area cadangan yang sewaktu-waktu dapat digunakan untuk perluasan area huta. Untuk mendukung aktivitas pembangunan parik bisanya juga dibangun Saluran air (suha).

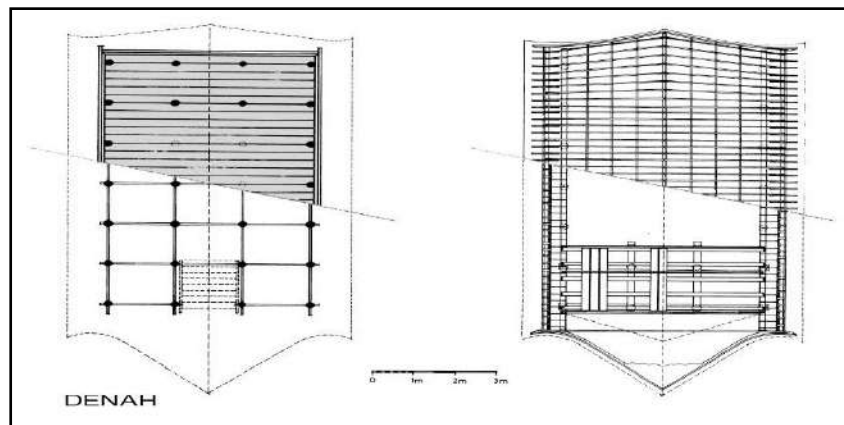
Setelah proses pembangunan parik selesai, suha berguna untuk menanggulangi banjir dan juga sebagai saluran pengairan sawah di sekitar huta (Setiawan, 2010).

Menurut kepercayaan yang dianut masyarakat Batak, parik atau dinding batu yang berfungsi sebagai pagar sering kali diasosiasikan dengan benteng magis yang menangkal pengaruh negatif dari roh jahat atau wabah penyakit (Hanan, 2014). Meninjau dari sisi pertimbangan iklim, parik yang terbuat dari batu melindungi huta dari pengaruh terpaan angin yang berubah-ubah yang datang dari arah danau Toba. Pada sisi luar parik terdapat saluran air. Saluran air berfungsi sebagai saluran drainase yang mencegah terbentuknya genangan air di halaman huta ketika terjadi hujan deras. Meninjau dari sisi pertimbangan keamanan, adanya parit keliling ini berfungsi menahan serangan musuh yang hendak menyerang huta.

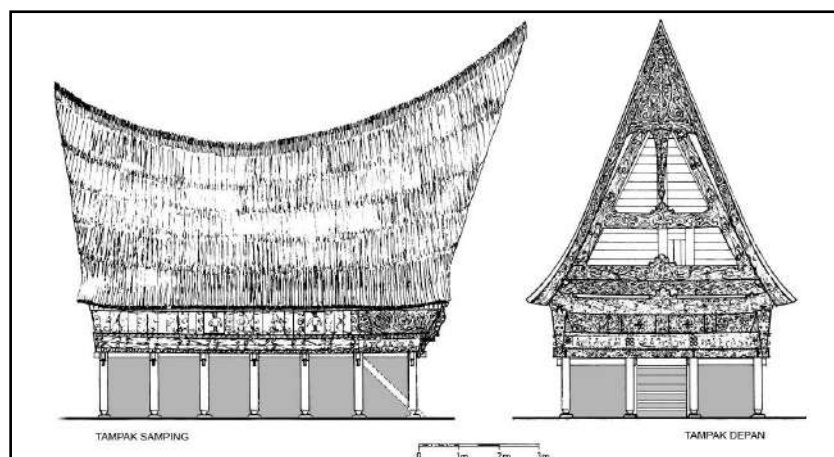
Rumah Tradisional Batak Toba

Rumah Tradisional Batak Toba adalah bangunan berbentuk persegi panjang di atas panggung, yang dapat diakses dengan tangga kayu dari tanah. Ciri khas rumah Batak Toba adalah atapnya yang menjulang tinggi. Atapnya yang besar berbentuk punggung pelana dengan atap pelana yang menonjol tajam. Ruang di bawah atap ditutup dengan atap segitiga dan ruang di bawah atap tidak dibagi menjadi kamar-kamar terpisah. Bagian samping dan belakang rumah hanya memiliki jendela kecil. Bagian depan rumah dilapisi dengan motif ukiran, yang dicat dengan tiga warna alami: putih, merah dan hitam. Dinding depan dan atap pelana rumah didekorasi dengan dekorasi figural dan ornamen yang luas (Hanan, 2015).

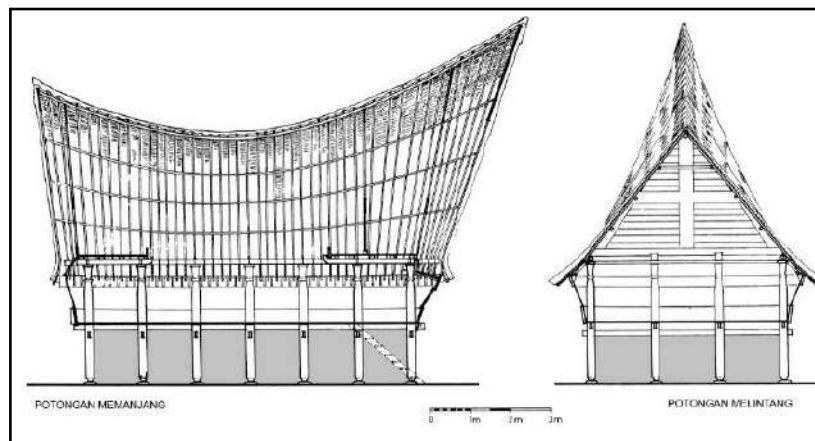
Ada dua tipe rumah adat batak yang dikenal, yaitu ruma (tempat tinggal) dan sopo (lumbung padi) (Suita dkk., 2021). Keduanya saling berhadapan di depan pelataran luas yang berfungsi sebagai ruang kegiatan warganya. Rumah adat ini berbentuk empat persegi panjang, dengan ruang luas tanpa sekat. Atapnya berbentuk segitiga tanpa kuda-kuda, atap penutup ditopang oleh bidang dari bambu yang ditarik ke tiap pinggiran atap di sisi kanan bawah atap (Sergeant & Saleh, 1973).



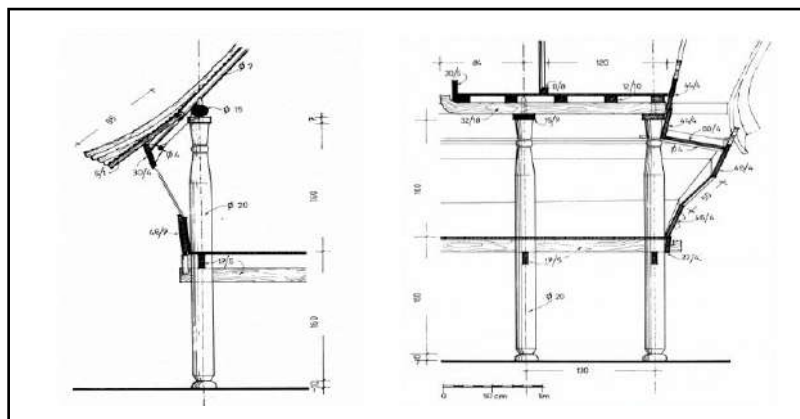
Denah Rumah Batak Toba



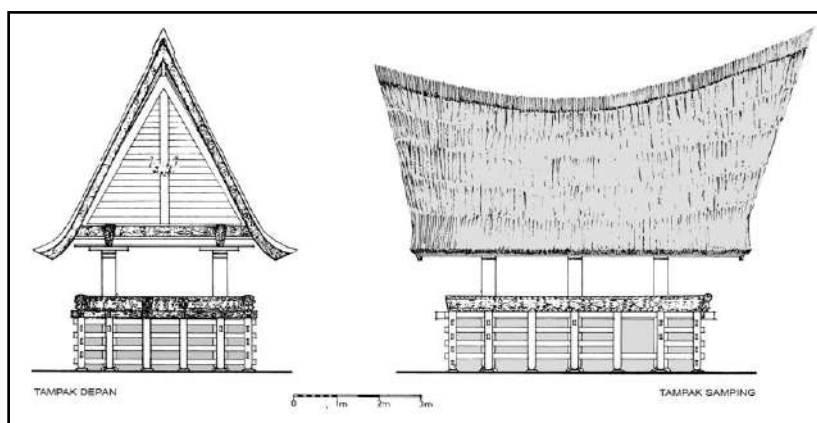
Tampak Rumah Batak Toba



Potongan Rumah Batak Toba



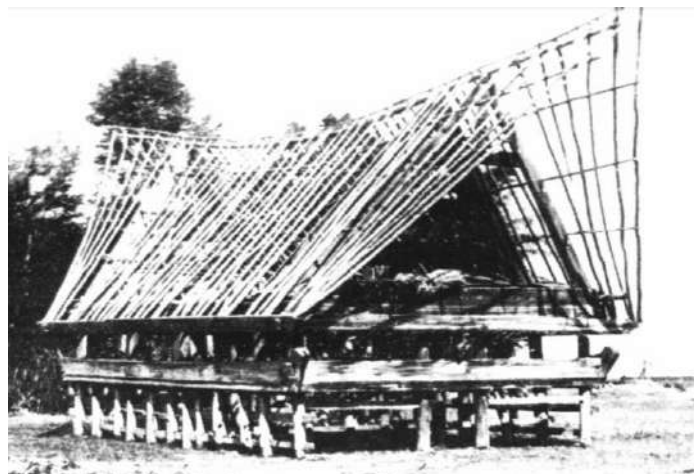
Detail Potongan Memanjang dan Potongan Melintang



Sopo (Lumbung Padi)

Rumah adat Batak Toba memiliki struktur tiang dan ambang pintu dengan dinding kayu dan atap jerami, serta dibangun di atas panggung. Egrang cukup tinggi

dan dapat dipasang langsung ke tanah atau diletakkan di atas batu pondasi datar. Rumah dinaikkan ke ketinggian di mana angin sejuk dapat menembus dan menjauh dari lumpur hujan sedangkan dalam cuaca panas angin sepoi-sepoi memberikan ventilasi di bawah lantai. Lantai yang ditinggikan juga mencegah penghuni dari serangan nyamuk dan menambah keamanan rumah. Batu pondasi memungkinkan rumah yang bertumpu pada mereka untuk bergerak tanpa kerusakan selama gempa bumi dan untuk menghindari rayap. Substruktur rumah menambah stabilitas dengan sistem balok ke tiang, yang juga menciptakan kandang ternak dan ayam di malam hari (Hanan, 2010).



Konstruksi Kayu pada Rumah Batak Toba

Konstruksi bangunan terbuat dari kayu keras padat yang digunakan dan diuji terlebih dahulu dengan dipukul dan mendengarkan suara yang dihasilkan. Semakin tinggi nadanya, semakin padat materialnya. Kayu-kayu padat ini juga sangat tahan lama terutama bila diletakkan di atas tanah di atas batu kali dan ijuk. terlindung dari hujan dengan atap yang lebar dan terpelihara oleh asap dari dapur di dalam rumah. Untuk material atap, digunakan material kayu muda yang lebih fleksibel, mudah ditekok melengkung yang terlihat dramatis. Bahan penutup atap bangunan adalah

ijuk atau jerami dengan konstruksi yang sangat rumit, hanya saja saat ini telah banyak digantikan dengan bahan lain, seperti seng. Sebagian besar konstruksi ditopang dari tiang dengan balok tepi di tingkat lantai terbuat dari kayu keras dan sangat besar. Kayu yang baik menjadi semakin sulit didapat dan transportasi dengan jarak yang jauh membuatnya mahal (Sergeant & Saleh, 1973).



Struktur Tiang dan Balok Lantai

Bangunan dalam suatu huta yang menjadi rumah tinggal disebut rumah Bolon. Dalam Jurnal Studi Struktur Rumah Adat Tradisiobal Batak Toba Terhadap Gaya Gempa oleh Hutabalian dikatakan, struktur Rumah Bolon yang berupa rumah panggung dibagi dalam 5 bagian, yaitu tiang, badan, dinding, atap, dan pondasi yang hampir seluruh bagiannya dibuat menggunakan bahan bangunan yang diperoleh dari alam. Mengacu pada tulisan tersebut, pengelompokan bagian-bagian struktur rumah bolon dapat disederhanakan kembali kedalam tiga kelompok bagian, yaitu :

1. Kaki



Kaki bangunan rumah Tradisional Batak Toba

Bagian kaki meliputi pondasi dan tiang penyangga. Rumah bolon menggunakan pondasi umpak yang dipasang pada bagian bawah setiap tiang-tiang penyangga. Tiang penyangga yang menopang rumah memiliki tinggi sekitar 1,75 meter dari permukaan tanah. Tiang tersebut terbuat dari gelondongan kayu dengan diameter lebih dari 40 cm. Kemudian, tiang-tiang penyangga tersebut dihubungkan dengan menggunakan balok-balok kayu. Balok-balok kayu ini juga berfungsi sebagai tumpuan papan-papan lantai. Tiang-tiang kayu ini menerus hingga bagian atas. Pada bagian atas tiang-tiang juga dihubungkan dengan balok-balok kayu yang menyatu dengan rangka atapnya.

2. Badan



Badan bangunan rumah Tradisional Batak Toba

Bagian badan meliputi lantai, dinding dan ruang dalam rumah. Dalam mitologi batak bagian ini disebut dunia tengah dan merupakan tempat manusia beraktivitas. Lantai rumah bolon terbuat dari material papan kayu, sedangkan dindingnya terbuat dari material anyaman bambu. Dinding pada rumah bolon berbentuk miring dengan tujuan agar angin mudah untuk masuk ke dalam rumah. Rumah bolon tidak menggunakan satupun paku untuk menguatkan ikatan antar bagian-bagiannya sehingga dapat bersatu. Rumah bolon menerapkan sistem kunci antar kayu. Setelah terkunci, sambungan kayu diperkuat lagi dengan cara diikat menggunakan tali. Tali-tali pengikat ini terbuat dari material ijuk atau rotan dan disebut tali ret-ret. Tali ret-ret dipasang membentuk pola seperti cicak yang mempunyai 2 kepala saling bertolak belakang.

3. Kepala

Bagian kepala adalah bagian atap. Mitologi batak menyebut bagian ini sebagai dunia atas, yaitu bagian yang suci sehingga masyarakat menggunakannya sebagai tempat penyimpanan pusaka. Atap rumah bolon berbentuk melengkung. Bentuk ini mengambil ide dasar dari bentuk punggung kerbau. Bentuk melengkung ini menambah keaerodinamisan atap rumah bolon dalam merespon kondisi angin danau toba yang kencang. Penutup atap berbahan material ijuk atau daun rumbia yang merupakan material yang mudah untuk ditemukan di daerah sekitar huta



Bangunan Rumah Tradisional Bata Toba

Sedang menurut Antono dalam “Rumah Tradisional Batak Toba Menuju Kepunahan : Suatu Analisis Antropologis”. Jika diperhatikan rumah tradisional Batak Toba mulai dari atas, maka akan terlihat atap yang melengkung dan pada ujung atap sebelah depan kadang-kadang dilekatkan hiasan menyerupai kepala kerbau. Dahulunya atap tersebut berbahan ijuk, namun saat ini kebanyakan rumah tradisional atapnya sudah diganti menggunakan seng.

Dinding rumah tradisional batak toba penuh dengan hiasan atau ukir-ukiran yang didominasi warna merah, hitam, dan putih. Hiasan atau ukiran-ukiran ini disebut gorga. Terdapat beraneka ragam motif gorga seperti motif geometris, binatang, tumbuh-tumbuhan bahkan manusia dan lain sebagainya. Rumah bolon merupakan rumah panggung, maka terdapat ruang atau jarak antara dinding dengan tanah. Peyangga rumah terdiri dari tiang-tiang kokoh yang pada umumnya memiliki bentuk bulat. Pondasi rumah berbentuk umpak yang disebut batu ojan terdapat pada tiap kaki-kaki tiang penyangga.

Mengambil contoh bangunan Sopo Sialu, bangunan ini memiliki delapan tiang berukuran besar, terbagi pada sisi kanan dan kiri dengan jumlah masing-masing empat tiang. Kemudian, terdapat tiang-tiang pendukung. Tiang-tiang ini secara tidak langsung berfungsi sebagai pembatas kolong rumah. Terdapat tiga belas tiang pendukung disisi sebelah kiri dan tiga belas tiang pendukung lainnya disisi sebelah kanan. Tiang pendukung juga terdapat pada bagian depan dan belakang rumah. Masing-masing sisi depan dan belakang memiliki enam tiang pendukung. Jika ditotalkan, maka tiang-tiang sopo sialu berjumlah empat puluh enam tiang yang terdiri dari delapan tiang utama serta tiga puluh delapan tiang pendukung. Jumlah tiang yang banyak ini menjadi jaminan kekokohan rumah tradisional Batak Toba.

Ruang kolong Rumah Bolon yang kokoh membuatnya dapat difungsikan menjadi kandang ternak. Ruang untuk manusia terdapat pada bagian tengah, diatas tiang-tiang penyangga yang telah dijelaskan sebelumnya. Akses masuk kedalam bagian tengah atau sisi dalam rumah bolon adalah dengan menggunakan tangga. Terdapat dua jenis tangga pada rumah bolon, pada rumah adat sisampuran, tangga terletak dibagian depan rumah. Sedangkan pada rumah adat Sitolumbea, tangga terletak menjorok kedalam kolong rumah. Namun, kesamaan diantara keduanya adalah sama-sama memiliki jumlah anak tangga yang ganjil.

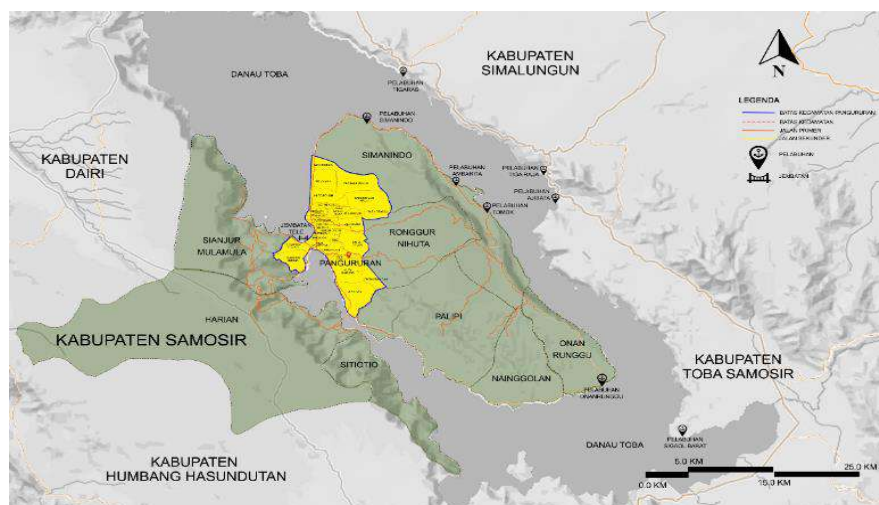
Material-material bangunan utama yang tampak mendominasi tampilan rumah Tradisional Batak adalah kayu yang berbentuk balok besar dan bergunan sebagai tiang-tiang penyanggah bangunan dan juga dinding serta ijuk sebagai material penutup atap. Material-material tersebut dahulunya mudah ditemukan, namun tidak

pada masa sekarang. Pola ruang dalam rumah Tradisional Batak Toba adalah terbuka atau tidak terdapat sekat-sekat ruang. Sisi depan yang berbatasan langsung dengan pintu masuk digunakan sebagai ruangan untuk menyimpan benda-benda berharga. Pada area yang lebih dalam terdapat dalihan (tungku) yang di atasnya biasanya merupakan tempat para-para. Para-para adalah tempat yang digunakan untuk meletakkan sementara sembari mengeringkan kayu atau menggantung bibit-bibit tanaman atau benda-benda keperluan memasak lainnya.

B. Gambaran Umum Lokasi

Kabupaten Samosir

Kabupaten Samosir merupakan Kabupaten yang dimekarkan dari Kabupaten Toba Samosir yang dibentuk berdasarkan Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2003, tentang Pembentukan Kabupaten Samosir dan Kabupaten Serdang Bedagai di Provinsi Sumatera Utara, yang diresmikan tanggal 7 Januari 2004 oleh Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia sekaligus ditetapkan menjadi Hari Jadi Kabupaten Samosir sesuaidengan Perda Kabupaten Samosir Nomor 28 Tahun 2005.



Peta Kabupaten Samosir

Secara geografis Kabupaten Samosir terletak di antara 2021'38''-2049'48'' Lintang Utara dan 98024'00''-99001'48'' Bujur Timur dengan ketinggian antara 904 - 2.157 meter di atas permukaan laut. Luas wilayahnya $\pm 2.069,05 \text{ km}^2$, terdiri dari luas daratan $\pm 1.444,25 \text{ km}^2$ (69,80 persen), yaitu seluruh Pulau Samosir yang dikelilingi oleh Danau Toba dan sebahagian wilayah daratan Pulau Sumatera, dan luas wilayah danau $\pm 624,80 \text{ km}^2$ (30,20 persen).

Kabupaten Samosir beriklim tropis basah dengan suhu 17°C - 29°C dan kelembaban rata-rata 85,04%. Kabupaten Samosir terletak pada wilayah dataran tinggi, dengan topografi/kontur tanah yang beraneka ragam yaitu : Datar ($\pm 10\%$), Landai ($\pm 20\%$), Miring ($\pm 55\%$) dan Terjal ($\pm 15\%$). Struktur tanahnya labil dan berada pada wilayah gempa tektonik dan vulkanik. Komposisi tanah didominasi tanah diatomea, tufa toba, pasir bercampur tanah liat dan kapur.

4. Kecamatan Pangururan

Kecamatan Pangururan merupakan salah satu kecamatan sekaligus ibukota Kabupaten Samosir. Terletak di pesisir Danau Toba yang sebagian wilayahnya berada pada Pulau Samosir dan di Bukit Barisan yang terhubung dengan Pulau Sumatera. Kedua bagian daerah ini dihubungkan oleh Terusan Tano Ponggol yaitu jembatan dibuat untuk menghubungkan kedua bagian daerah ini. Kecamatan Pangururan memiliki luas $\pm 121,43 \text{ km}^2$ atau 8,41% dari total luas Kabupaten Samosir. Terdiri dari 25 desa dan 3 kelurahan Terletak di ketinggian 987 m diatas permukaan laut. Sebagian besar 75% lahannya berada pada kemiringan 0-15%.

Kecamatan Pangururan berbatasan langsung dengan tepian Danau Toba. Pangururan terbagi dua area, sisi timur berada di pulau samosir dan sisi barat berada di dataran pulau sumatera. Wilayah Pangururan yang berada di sisi pulau samosir memiliki kontur yang relatif lebih datar jika dibandingkan dengan wilayah Kecamatan Pangururan yang berada di sisi Pulau Sumatera.



Peta Kecamatan Pangururan



Foto Udara Pemukiman Rumah Tradisional di Kecamatan Pangururan

Geografi

Kecamatan Pangururan memiliki koordinat geografis $2^{\circ}32'$ - $2^{\circ}45'$ Lintang utara dan $98^{\circ}42'$ - $98^{\circ}47'$ Bujur Timur. Pada sisi utara berbatasan dengan

Kecamatan Simanindo, pada sisi selatan berbatasan dengan Kecamatan Palipi, pada sisi barat berbatasan dengan Kecamatan Sianjut Mulamula dan pada sisi timur berbatasan dengan Kecamatan Ronggur Ni Huta. Berdasarkan data Samosir dalam Angka 2022, berikut data iklim untuk wilayah Kabupaten Samosir.

Tabel Iklim Kabupaten Samosir

Suhu	21,8-35,8	°C
Kelembaban	39,0-100	%
Kecepatan angin	maksimal 20	m/s
Tekanan Udara	1001,6-1014,9	mbar
Jumlah Curah Hujan	20,7-395,5	mm
Jumlah Hari Hujan	2-25	Hari/bulan
Rata-Rata Harian Penyinaran Matahari	18,7-55,2	%

Sumber : Samosir dalam Angka 2022

Pangururan Bersama dengan tujuh kecamatan lainnya, yaitu Sianjur Mula-Mula, Harian, Sitio-Tio, Onan Runggu, Nainggolan, Palipi, Simanindo menjadi Daerah Tampungan Air (DTA) bagi kabupaten samosir. Pulau samosir juga memiliki 13 Sub-DAS. Lima diantaranya melewati wilayah Kecamatan Pangururan, yaitu Sub DAS Aek Parombahan, Sub DAS Aek Tulas, Sub DAS Binanga Simaratuang, Sub DAS Binanga Aron, Sub DAS Binanga Guluan, (Perpres No. 81 Tahun 2014 Tentang Rtrw Kawasan Danau Toba dan Sekitarnya).

5. Jarak Lokasi Penelitian dengan Ibu Kota Wilayah

Jarak dari kantor Camat Pangururan ke kantor Bupati Samosir adalah 4 km.

Kondisi Demografis

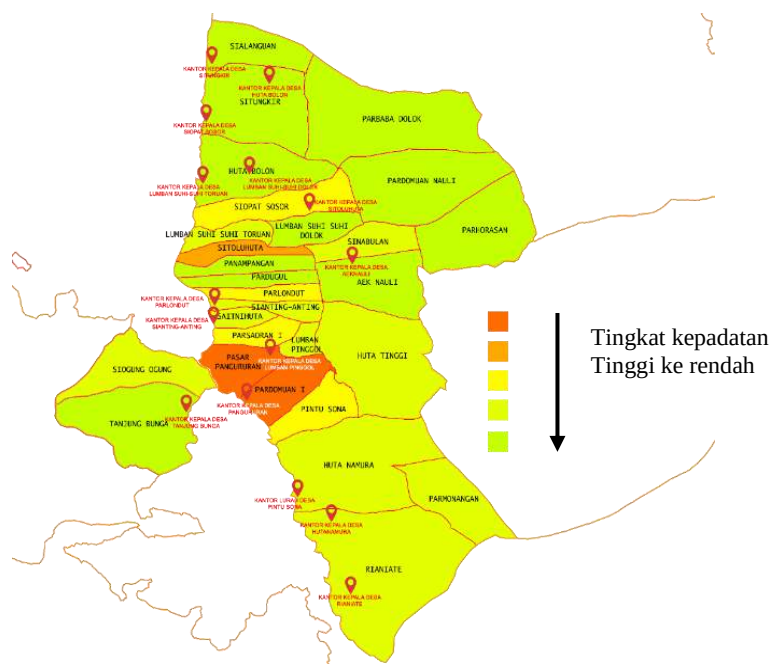
1) Jumlah dan Kepadatan Penduduk

Menurut data Samosir dalam Angka 2022, Kecamatan pangururan adalah kecamatan dengan penduduk yang paling banyak, yaitu 34.209 jiwa atau 25,13% dari jumlah keseluruhan penduduk di Kabupaten Samosir.

Tabel Kepadatan Penduduk Kecamatan Pangururan

No.	Desa	Luas Wilayah (Km ²)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)
1	Rianiate	6,75	2602	385,4814815
2	Parmonangan	3	935	311,6666667
3	Hutanamora	7	2451	350,1428571
4	Pintu Sona	2,8	2154	769,2857143
5	Huta Tinggi	3	933	311
6	Pardomuan I	2,5	4699	1879,6
7	Pasar Pangururan	0,5	2207	4414
8	Tanjung Bunga	6,5	1725	265,3846154
9	Siogung Ogung	4	1497	374,25
10	Parsaoran I	1,5	1291	860,6666667
11	Saitnihuta	1,4	1008	720
12	Lumban Pinggol	1,5	646	430,6666667
13	Sianting Anting	1,8	741	411,6666667
14	Parlondut	1,5	891	594
15	Aek Nauli	5,36	411	76,67910448
16	Pardugul	5,44	774	142,2794118
17	Panampangan	2,65	677	255,4716981
18	Sitoluhuta	0,8	703	878,75
19	Sinabulan	1,23	405	329,2682927
20	Siopat Sosor	1	1049	1049
21	Huta Bolon	2	545	272,5
22	Situngkir	2	432	216
23	Sialanguan	2	326	163
24	Parhorasan	15,4	732	47,53246753
25	Pardomuan Nauli	9,5	469	49,36842105
26	Lumban Suhi Suhi Dolok	6,3	1041	165,2380952
27	Lumban Suhi Suhi Toruan	3,5	1951	557,4285714
28	Parbaba Dolok	20,5	914	44,58536585
Jumlah/Total		121,43	34209	281,7178621

Sumber : Pangururan dalam Angka 2022



Peta Kepadatan Penduduk Kecamatan Pangururan

Berdasarkan Tabel Demografis Penduduk Kecamatan Pangururan dan peta kepadatan penduduk Kecamatan Pangururan, desa terluas adalah desa parbaba dolok dengan luas 20,5km² memiliki jumlah penduduk sebanyak 914 jiwa dengan kepadatan penduduk 44,59 jiwa/km². Desa dengan jumlah penduduk terbanyak dan juga menjadi desa terpadat adalah desa Pardomuan 1. Dengan luas wilayah 2,5 km² memiliki jumlah penduduk 4699 jiwa dan kepadatan penduduk 1879,6 jiwa/km².

2) Tingkat Pendidikan, Agama dan Budaya

Terdapat 34 sekolah tingkat SD (33 Negeri, 1 Swasta), 6 Sekolah Tingkat SMP (5 Negeri, 1 Swasta), 5 Sekolah tingkat SMA (2 Negeri, 3 Swasta), 2 SMK Swasta. Tidak terdapat perguruan Tinggi.

Agama mayoritas masyarakat adalah Kristen. Dibuktikan berdasarkan data BPS dalam Kecamatan Pangururan dalam angka 2022, terdapat 73 Gereja, 1 masjid, dan tidak ada pura atau vihara.

Pada data sensus yang telah dilakukan BPS pada tahun 2010 mengenai Penduduk Menurut Wilayah dan Agama yang Dianut. Kecamatan Pangururan, 718 islam, 14727 Kristen protestan, 13912 Kristen Katolik, 1 Hindu, 2 Budha, 3 agama lainnya dan lainnya tidak terdata.

Tabel Persentase Agama Penduduk Kecamatan Pangururan

No	Agama	Persentase
1.	Kristen Protestasn	53,30%
2.	Katolik	44,22%
3.	Islam	2,44%
4.	Buddha	0,01%
5.	Hindu	0,01%
6.	Parmalim	0,01%

Sumber : BPS Pangururan dalam Angka 2022

Ditinjau dari aspek budaya, umumnya penduduk yang tinggal di kampung-kampung pada 28 desa tersebut merupakan penghuni bersuku Batak. Norma-norma yang diyakini penduduk Batak pada kampung-kampung di Pangururan adalah norma-norma suku Batak Toba. Masyarakat suku Batak Toba memiliki beberapa nilai dan norma yang dianut serta dilaksanakan dalam kehidupan sehari-hari sehingga menjadi budaya, seperti budaya bercocok tanam, beternak, menyelenggarakan acara adat, dan sebagainya (Marpaung dkk., 2019).

Salah satu kegiatan yang menghasilkan budaya adalah kegiatan menenun, dimana kegiatan ini menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah membuat barang-barang tenun (dari benang kapas, sutra, dan sebagainya). Kegiatan ini menjadi kegiatan yang ditekuni oleh masyarakat khususnya masyarakat Batak Toba dimana dalam kebudayaan masyarakat Batak, kain tenun tradisional itu umum dikenal dengan ulos. Adapun penghasil ulos terbesar banyak terdapat di wilayah Samosir bahkan menjadi pengrajin ulos sudah menjadi sumber mata pencarian bagi masyarakat Batak Toba (Ansar, 2017:2).

Ulos sendiri bagi masyarakat Batak Toba memiliki arti yang cukup penting dimana Kain ini merupakan kain khas Suku Batak dan merupakan syarat utama dalam pelaksanaan upacara adat, baik upacara adat pernikahan hingga upacara adat kematian. Penggunaan kain Ulos dalam upacara adat digunakan sebagai bentuk penghormatan kepada pelaksana upacara adat, maupun orang-orang dan tamu undangan yang hadir. Ulos adalah kain tenun berbentuk selendang. Benda sakral ini merupakan simbol restu, kasih sayang dan persatuan, sesuai dengan pepatah Batak yang berbunyi *Ijuk pangihot ni hodong, ulos pangihot ni holong*, yang artinya jika ijuk adalah pengikat pelepah pada batangnya maka ulos adalah pengikat kasih sayang antara sesama. Secara harfiah, ulos berarti selimut yang menghangatkan tubuh dan melindunginya dari terpaan udara dingin (Ansar, 2017:2).

3) Mata Pencarian

Warga desa yang berlokasi di pinggir danau umumnya bermata pencarian sebagai nelayan dan beternak, sedangkan warga desa yang terletak di atas bukit bermata pencarian sebagai petani, dan desa yang terletak dekat dengan kota atau

di dalam kota pada umumnya berdagang atau bekerja di kota (Marpaung dkk., 2019).

Pada umumnya mata pencaharian orang Batak adalah bertani, beternak, membuat kerajinan tangan dan menangkap ikan, bagi masyarakat yang tinggal di sekitar pinggir danau Toba. Binatang-binatang yang biasa mereka pelihara adalah babi, kerbau, kuda, sapi ayam dan berbagai jenis unggas lain. Kerbau dan babi memiliki peranan penting untuk keperluan upacara-upacara adat. Kerbau dipakai juga untuk membantu mengolah lahan pertanian terutama untuk membajak. Binatang-binatang piaraan ini ditempatkan di kolong rumah (Antono, 2005).

Pola perkampungan umumnya mengelompok. Rumah didirikan dalam deret yaitu baris selatan dan utara. Pada barisan utara terdiri dari lumbung, tempat untuk menyimpan padi dan bagian selatan sebagai rumah tinggal. Kedua baris itu dipisahkan oleh halaman yang bisa digunakan untuk menjemur hasil bumi dan sekaligus sebagai arena bermain anak-anak. Di sekeliling kampung ditanami pagar hidup yaitu pohon bambu. Pada pintu gerbang masuk kampung ditanami pohon bertuah yaitu pohon Hariara, Bintatar dan Beringin (Antono, 2005).

Bangunan rumah tradisional banyak dibangun pada saat masyarakat hidup dalam iklim pertanian tradisional. Melalui sistem pertanian tradisional ternyata masyarakat mampu menghasilkan surplus pangan, terbukti mereka juga membuat bangunan khusus (sopo) untuk menyimpan padi. Sopo dan jenis lumbunglumbung lain yang dimiliki oleh berbagai suku bangsa di Indonesia berfungsi semacam bank untuk jaman sekarang, yaitu sebagai tempat menyimpan sebagian dari harta kekayaan yang dimilikinya. Kalaupun bangunan semacam sopo kini tidak dibuat

lagi, penyebabnya semata-mata bukan karena masyarakat tidak pernah lagi mengalami surplus pangan, tetapi masih terdapat banyak hal yang menyebabkannya, antara lain karena dikenalnya cara lain untuk menyimpan harta kekayaan yaitu di bank-bank. Dengan munculnya kilang-kilang penggilingan apa saja, termasuk menyimpan di bank dan suatu ketika bisa digunakan untuk biaya pembuatan rumah (Antono, 2005).

Untuk memenuhi kebutuhan protein hewani, orang Batak Toba memelihara berbagai jenis binatang. Selain untuk konsumsi kerbau juga digunakan untuk membantu proses pengolahan tanah. Selain itu kerbau juga dimanfaatkan untuk keperluan pesta adat. Hal yang sama berlaku untuk babi, bedanya babi tidak dimanfaatkan untuk membantu proses pengolahan tanah. Bentuk rumah tradisional yang memiliki kolong, di mana pada bagian bawah (bara) terdapat ruangan yang bisa difungsikan sebagai kandang, sangat membantu pemiliknya untuk melakukan kontrol. Di pihak lain piaraan juga akan memberikan sinyal apabila pada waktu malam ada tamu tidak diundang. Kebiasaan memelihara ternak juga dilakukan pada saat orang menetap di perantauan. Di Kampung Kelapa yang tidak lagi terdapat rumah tradisional, kebanyakan penduduk memelihara kerbau dan babi (Antono, 2005).

Berdasarkan data yang didapat dari Pangururan dalam angka 2022. Komoditas utama pertanian pangururan saat ini adalah bawang merah, cabai, pisang dan manga. Mata pencaharian lainnya adalah toko kelontong, restoran, warung makan, dan usaha penginapan. Sedangkan bidang perkantoran adalah pekerja di kantor pemerintahan dan pegawai bank. Di Pangururan masih banyak masyarakat yang

melakukan budidaya ikan dengan keramba jaring apung (Silaban, 2021). Keramba jaring apung merupakan sarana pemeliharaan ikan yang menggunakan jaring sebagai bagian utamanya. Dengan menggunakan jaring apung, pemeliharaan ikan bisa dilakukan di laut atau pun media air tawar seperti danau atau waduk, yang memiliki kedalaman lebih dibandingkan sungai atau tambak. Keramba jaring apung yang ada saat ini kebanyakan berupa jaring yang diikatkan pada pelampung yang terbuat dari drum atau gentong bekas. Para petani ikan menebarkan benih ikan pada awal masa pemeliharaan hingga saat panen tiba.

Penghasil tenun atau ulos sendiri banyak terdapat di Kampung Huta Raja tepatnya di Desa Lumban Suhi-Suhi Berdasarkan situs resmi Kementerian PUPR (2019), Kampung Huta Raja merupakan salah satu permukiman di sekitar Danau Toba yang masuk dalam pilihan Presiden Indonesia Joko Widodo untuk direvitalisasi karena memiliki komunitas budaya yang menarik Kampung Huta Raja dikenal sebagai Permukiman Tradisional Batak Toba dengan Komunitas Pengrajin Kain Tenun Ulos dan keberadaan beberapa Rumah Adat Batak Gorga yang masih bertahan.

4) Struktur Pemerintahan

Secara administratif, Kecamatan Pangururan dipimpin oleh seorang camat. Desa-desa setingkat dibawahnya dipimpin oleh kepala desa. Secara adat tiap-tiap huta memiliki pemimpinnya sendiri. Huta dipimpin oleh 'Raja huta' keturunan dari marga pionir pendiri kampung. Marga pendiri huta disebut marga raja atau marga tano. Dalam hal ini hanya marga raja yang berkuasa atas tanah. Marga-marga lain yang juga tinggal di huta dinamakan marga boru. Mereka ini tidak mempunyai hak

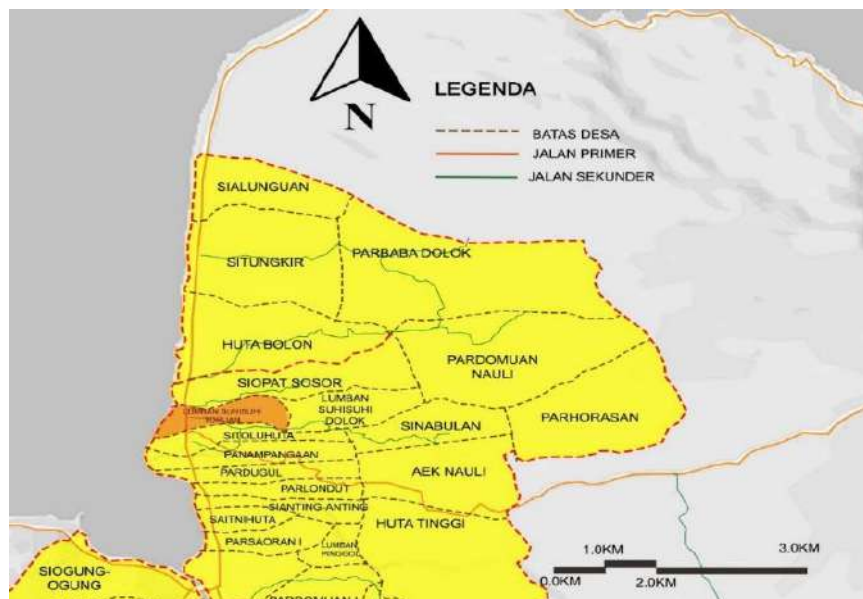
atas tanah.

5) Sarana dan Prasarana

(Rumah Sakit, Sekolah, Rumah Ibadah, Pasar, dll).

6. Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan

Letak Geografi



Peta Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan

Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan adalah salah satu dari dua puluh delapan desa yang terletak di Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samosir. Desa ini memiliki luas lahan terbina seluas 350 hektar. Dari luas lahan tersebut, lahan terbagi dalam empat kelompok besar jenis penggunaannya diantaranya fungsi sawah, tanah kering, tanah basah, dan tanah perkebunan. Tanah kering menjadi luas lahan terbesar, yaitu 189 hektar dimana, 152 hektarnya difungsikan sebagai tanah ladang dan sisanya yaitu 37 hektar digunakan sebagai lahan permukiman. Posisi Desa Lumban Suhi-suhi Toruan berada di sisi barat pulau samosir dan terletak di antara pelabuhan

Tomok dan Kota Pangururan yang menjadi pusat niaga di Kabupaten Samosir. Melalui jalan darat, butuh waktu tempuh sekitar 40 menit dari Desa Tomok atau 20 menit dari Pangururan. Batas-batas wilayahnya adalah sebagai berikut:

- a. Sebelah Utara : Desa Siopat sosor Kecamatan Pangururan
- b. Sebelah Timur : Desa Lumban Suhi-Suhi Dolok
- c. Sebelah Selatan : Desa Sitoluhuta Kecamatan Pangururan
- d. Sebelah Barat : Danau Toba

Profil Desa

Pariwisata dan Pertanian menjadi daya tarik utama dari Desa ini. Salah satu yang menjadi daya tarik pariwisata terbesar merupakan adanya Kampung Ulos yang merupakan kampung sentra pengrajin ulos dengan menyajikan pariwisata berbasis budaya produksi ulos. Adanya Kampung Ulos ini membuat Desa Lumban memiliki sebutan sebagai Negeri Penghasil Ulos.



Kegiatan Bertenun Di Lumban Suhi-Suhi Toruan

Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan terdiri dari tiga dusun. Berdasarkan buku data Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan Tahun 2021, Desa ini ditinggila oleh 568 kepala keluarga. Mayoritas penduduknya berprofesi sebagai petani, 378 keluarga

bermatapencaharian sebagai petani dimana 213 diantaranya bertani di lahan milik pribadi. Mayoritas adalah petani jagung dengan hasil produksi 12,5 ton/hektar. Total luas ladang jagung di desa ini mencapai 29,5 hektar. Komoditas andalah kedua masih berupa tanaman pangan, yaitu bawang. Hasil produksi berkisar 8 ton/hektar. Total luas ladang bawang milik masyarakat adalah 6 hektar. Masyarakat umumnya menjual hasil tanaman pangan yang diproduksi kepada tengkulak setiap kali masa panen tiba.



Hasil Pertanian Masyarakat Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan

Selain tanaman pangan, 86 warga desa memiliki tanah perkebunan yang menghasilkan tiga buah-buahan diantaranya adalah alpokat, mangga, dan pisang. Terdapat 2 hektar luas lahan kebun alpokat dengan hasil produksi 9 ton/hektar. Selain itu, terdapat 6 hektar luas lahan kebun mangga dengan hasil produksi 4 ton/hektar. Diikuti dengan produksi pisang sebesar 4 ton/hektar dengan luas lahan sebesar 2 hektar.

Potensi peternakan dari desa Lumban Suhi-Suhi Toruan dapat dikatakan cukup menjanjikan. Dengan jumlah populasi kerbau sebanyak 137 ekor, babi sebanyak

273 ekor, ayam kampung sebanyak 1910 ekor, dan kambing sebanyak 147 ekor. Potensi perikanan dari desa ini juga luar biasa menjanjikan. Hal ini dapat ditunjukkan melalui hasil produksi perikanan Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan menghasilkan 10 ton ikan mujair per tahunnya dan ikan mas 500 kuintal per tahunnya.

Keadaan Sosial

Keadaan sosial masyarakat Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan cukup baik, keadaan ini juga didukung oleh masyarakatnya yang tidak terlalu heterogen, hampir semua masyarakat Desa ini satu suku yakni suku Batak Toba dan menganut agama Kristen Protestan dan Katolik. Sehingga hampir tidak pernah terjadi gesekan sosial skala besar kecuali konflik individu skala kecil. Disamping itu secara kultural Penduduk Desa Hutaraja berasal dari Klan Keturunan Marga Simarmata ditambah dengan Marga-Marga lain yang juga masih sanak saudaranya.

C. Kondisi Lokasi Penelitian



Kondisi Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean, Desa Lumban Suhi-Suhi Toruan

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Pangururan Kabupaten Samosir, yaitu Kampung Ulos Hutaraja Desa Lumban Suhi-suhi Toruan. Desa Lumban Suhi-suhi Toruan khususnya Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean kerap dikunjungi para wisatawan baik lokal maupun mancanegara karena kerajinan kain tenun ulosnya. Melalui jalan darat, durasi waktu tempuh yang dibutuhkan dari desa Tomok adalah sekitar 40 menit atau dari Pangururan sekitar 20 menit untuk menuju Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean ini. Terletak tidak jauh dari tepi jalan utama jalan lintas Kabupaten Samosir. Berada pada daratan yang relative datar dan berbatasan langsung dengan Danau Toba.

Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean : Permukiman, Bangunan, Sarana dan Prasarana

Kampung Ulos Hutaraja Pardamean adalah sebuah kawasan wisata andalan di tepian Danau Toba. Spesialisasinya adalah pembuatan kain ulos khas Batak dengan latar belakang Rumah Bolon. Kain ulos di tempat ini masih diproduksi secara manual. Kampung ini padamulanya merupakan dua huta berbeda yaitu Hutaraja dan Huta Pardamean yang kemudian keduanya dikembangkan bersama menjadi sentra pengrajin ulos. Terdapat tiga puluh satu unit rumah Tradisional Batak di Kawasan ini.



Citra Satelit Kampung Ulos Huta Raja



Foto Udara Kampung Ulos Huta Raja



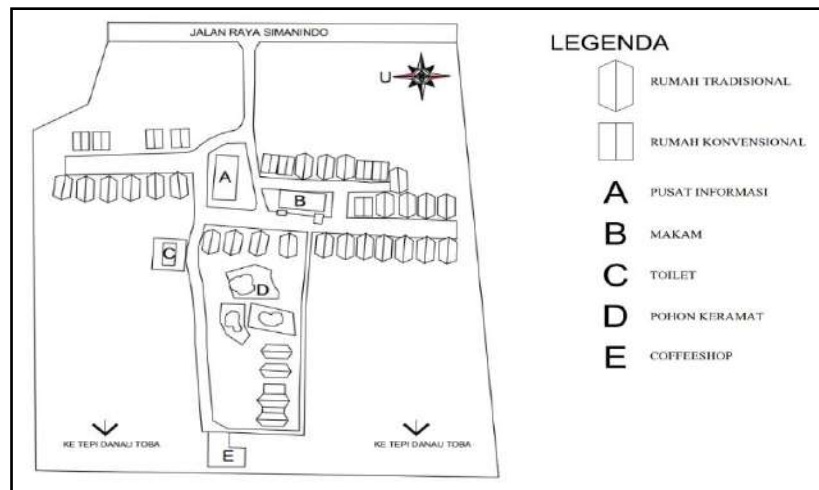
Suasana Kampung Ulos Huta Raja

Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean tidak berada langsung di tepi Jalan Raya Simanindo. Terdapat akses masuk dengan signage seperti pada gambar 4.14 Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean berjarak hanya sekitar 50 meter dari akses masuk tersebut.



Pintu masuk Kampung Ulos Huta Raja-Pardamean

Massa bangunan terkonsentrasi pada tiga titik. Sisi selatan adalah Kampung asli hutaraja yang merupakan keturunan marga Simarmata. Pada area ini terdapat 19 rumah tradisional, salah satu diantaranya dalam kondisi rusak berat dan 5 rumah konvensional. Sisi utara adalah Huta Pardamean, terdapat 7 rumah tradisional dan 4 rumah konvensional. Pada sisi barat terdapat 4 unit rumah tradisional yang baru dibangun pada tahun 2020. Bangunan-bangunan lamanya pun sudah mengalami perbaikan pada material atap. Saat ini, seluruh atap rumah tradisional sudah tidak lagi menggunakan ijuk, melainkan menggunakan sirap.



Peta Skematik Kampung Ulos-Hutaraja

Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean sudah dilengkapi dengan beberapa fasilitas pendukung wisata seperti pusat informasi, toilet umum, dan coffeeshop. Proteksi kebakaran juga sudah ditingkatkan dengan menambahkan *hydrant pilar, hydrant box, dan siamese connection*. Kabel-kabel dan tiang listrik juga sudah tidak terlihat karena sudah menggunakan sistem distribusi listrik bawah tanah.

Empat bangunan rumah adat baru difungsikan sebagai Homestay. Bangunan ini dilengkapi dengan bagian ekstensi. Bagian ekstensi menggunakan material bata. Terdapat dapur, dua kamar mandi dan dua kamar tidur pada bagian ekstensi. Ketika ada tamu homestay, maka pemilik rumah akan berkegiatan di sisi rumah ekstensi.

Kebanyakan ruang-ruang terbuka dan jalan sudah dilapisi perkerasan. Ruang terbuka menggunakan perkerasan paving block, sedangkan jalan menggunakan perkerasan beton. Ruang terbuka yang belum menggunakan perkerasan adalah ruang terbuka di sisi barat yang berdekatan dengan rumah-rumah tradisional yang baru dibangun.



Ruang Terbuka Area Selatan



Ruang Terbuka Area Utara



Ruang Terbuka Area Barat

Di sisi barat, Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean berbatasan langsung dengan Danau Toba. Tepi danauanya berupa rawa yang ditumbuhi tanaman liar. Cukup banyak ditemukan kapal-kapal kecil nelayan yang bersandar. Kegiatan menangkap ikan juga masih sering dilakukan masyarakat setempat.



Tepi Danau Kampung Ulos Hutaraja-Pardamean