

PENUNTUN PRAKTIKUM

ETAP



**LABORATORIUM TRANSMISI DAN
DISTRIBUSI
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN**

Kata Pengantar

ETAP merupakan software yang digunakan untuk melakukan desain/perencanaan system kelistrikan yang ada di suatu Industri atau Wilayah. Software ini sangat bermanfaat untuk melakukan berbagai Analisa yang sangat membantu untuk mempermudah pekerjaan.

Soorang electrical power engineer wajib untuk bisa memakai software etap mulai dari mendisain SLD sampai menganalisa system secara keseluruhan. Didalam modul ini akan dibahas mengenai :

1. Penenalan ETAP
2. Load Flow Analysis
3. Short Circuit

ETAP hanyalah alat bantu untuk mempermudah, jadi teman-teman sekalian harus sudah bisa dan faham akan semua materi di atas terlebih dahulu sehingga diharapkan mempunyai kemampuan penguasaan materi dan penguasaan software. Semoga modul ETAP sederhana ini bisa bermanfaat.

DAFTAR ISI

<i>Kata Pengantar</i>	2
<i>DAFTAR ISI</i>	3
<i>MODUL I</i>	4
<i>PENGENALAN ETAP</i>	4
I.1 Tujuan Percobaan.....	4
I.2 Teori Umum.....	4
I.3 Memulai Menjalankan ETAP.....	6
I.4 Rangkaian Percobaan.....	8
I.5 Prosedur Percobaan.....	8
I.6 Data Percobaan.....	9
I.7 Tugas dan Pertanyaan.....	9
<i>MODUL II</i>	10
<i>LOAD FLOW ANALYSIS</i>	10
II.1 Tujuan Percobaan.....	10
II.2 Teori Umum.....	10
II.3 Peralatan Percobaan.....	13
II.4 Rangkaian Percobaan.....	13
II.5 Prosedur Percobaan.....	14
II.6 Data Percobaan.....	15
II.7 Tugas dan Pertanyaan.....	19
<i>MODUL III</i>	20
<i>SHORT CIRCUIT ANALYSIS</i>	20
III.1 Tujuan Percobaan.....	20
III.2 Teori Umum.....	20
III.3 Peralatan Percobaan.....	23
Satu buah PC yang telah diinstal ETAP 12.6.0.....	23
III.4 Rangkaian Percobaan.....	24
III.5 Prosedur Percobaan.....	24
III.6 Data Percobaan.....	25
III.7 Tugas dan Pertanyaan.....	28

MODUL I

PENGENALAN ETAP

I.1 Tujuan Percobaan

Adapun tujuan dari percobaan antara lain :

1. Mempelajari fungsi ETAP dalam system tenaga listrik
2. Mempelajari cara membuat diagram saluran tenaga listrik dengan menggunakan ETAP

I.2 Teori Umum

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP antara lain :

- a. Analisa aliran daya (*Load Flow*)
- b. Analisa hubung singkat (*Short Circuit*)
- c. *Arc Flash Analysis*
- d. Analisa kestabilan transien, dll.

Dalam menganalisa tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (*single line diagram*) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, bus bar maupun konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-ke-kanan yang sama, atas-ke-bawah, sebagai saklar atau peralatan lainnya diwakili.

ETAP memiliki 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, ANSI dan IEC. Pada dasarnya perbedaan yang terjadi di antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisa dengan menggunakan ETAP pun berbeda.



Gambar 1.1 Elemen standar ANSI

Beberapa elemen yang digunakan dalam suatu diagram saluran tunggal adalah :

- a. Generator

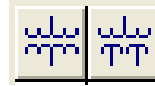
Merupakan mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tenaga listrik.



Gambar 1.2 Simbol Generator di ETAP

b. Transformator

Berfungsi untuk menaikkan maupun menurunkan tegangan dengan rasio tertentu sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik.



Gambar 1.3 Simbol Transformator di ETAP

c. Pemutus Rangkaian

Merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban atau hubungan pendek.



Gambar 1.4 Simbol pemutus rangkaian di ETAP

d. Beban

Di ETAP terdapat dua macam beban, yaitu beban statis dan beban dinamis.



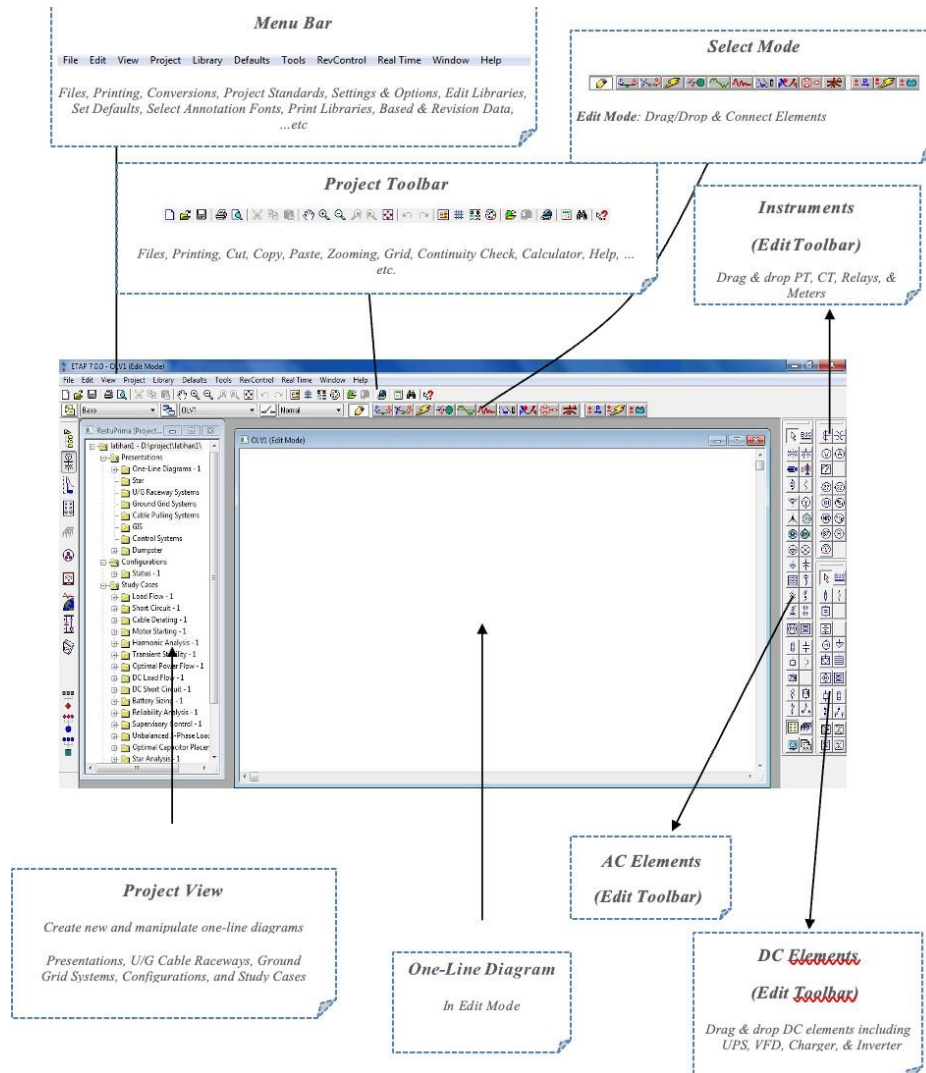
Gambar 1.5 Simbol beban statis di ETAP

I.3 Memulai Menjalankan ETAP

Cara memulai menjalankan ETAP 12.6.0 adalah sebagai berikut :

1. Instal aplikasi ETAP 12.6.0 (Dikirm melalui di google drive)
2. Buka aplikasi ETAP yang telah terinstal
3. Setelah aplikasi terbuka, klik menu File lalu pilih New untuk membuat lembar kerja baru.
4. Setelah itu, akan muncul lembar kerja baru dilayar anda seperti

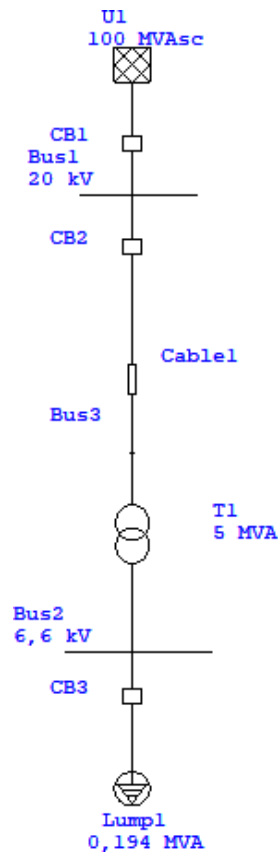
Gambar 1.6



Gambar 1.6 Lembar Kerja

5. Setelah itu klik Project untuk mengatur standard (IEC atau ANSI) dan tulis nama anda sebagai engineer dari proyek yang akan anda buat di ETAP.
6. Setelah itu, rangkailah single line diagram sederhana.

I.4 Rangkaian Percobaan



Gambar 1.7 Rangkaian Percobaan One Line Diagram Sederhana

I.5 Prosedur Percobaan

1. Buat rangkaian percobaan seperti Gambar 1.7
2. Untuk cara merangkainya, perhatikan penjelasan dari asisten.
3. Setelah dirangkai periksa dengan teliti kembali bersama asisten.
4. Masukkan setiap nilai rating elemen sesuai Data percobaan I.6.
5. Bila ada parameter elemen yang kurang jelas tanyakan pada asisten
6. Isi Rating data yang telah ditentukan asisten
7. Pasang HV Circuit Breaker pada one line diagram yang telah diberi rating tersebut !
8. Gunakan Metode Newton Raphson
9. Jalankan Loadflow analysis melalui button “Run Load Flow”!



10. Catat Aliran Daya yang mengalir pada bus, *bus angle*, *Voltage Drop* pada *line/cable*, dan *branch losses*!

I.6 Data Percobaan

Power Grid			
Rated (kV)	Rating	SC Rating	X/R
20	100%	100 MVASc	10

Cable								
From Bus	To Bus	Conduct Library						Length
		Source Name	Type	#/C	kV	Size (mm ²)	Insul	
1	2	XLPE	CU	3/C	20	50	Heesung	1 Km

Transformator							
No Bus	Class	Prim/Sec	Grounding			Power Rating	Impedance
Prim/Sec			Vector	Prim	Sec		
1/2	ONAN	20/6,6 kV	Dyn1	Not Applicable	Not Applicable	5 MVA	Typical Z & X/R

Load				
No Bus	Jenis Load	Rating		
		MVA	Tegangan (kV)	Faktor Daya
2	Lumped Load	0.194	6.6	0.85

I.7 Tugas dan Pertanyaan

1. Berapa rugi-rugi daya pada system?
2. Bagaimana aliran daya pada system?
3. Apa yang anda ketahui mengenai ANSI dan IEC!
4. Sebutkan contoh jenis beban dinamis!
5. Apakah yang dimaksud dengan *lumped load*?
6. Apa yang anda ketahui mengenai *swing generator*

MODUL II LOAD FLOW ANALYSIS

II.1 Tujuan Percobaan

Adapun tujuan percobaan load flow antara lain :

1. Mempelajari konsep aliran daya dalam system tenaga listrik.
2. Menganalisa masalah-masalah aliran daya pada sistem tenaga listrik

II.2 Teori Umum

Analisis kinerja pada suatu system tenaga dalam keadaan operasi normal (normal steady state operation) disebut power flow study (*load flow study*). Hasil yang ingin dicapai dari *load flow study* ini adalah menentukan tegangan, arus, aliran daya aktif dan reaktif pada system tenaga untuk suatu kondisi beban tertentu.

Tujuan dari analisis aliran beban dalam system tenaga listrik adalah untuk keperluan perencanaan dan perancangan guna menentukan kondisi operasi optimal pada system yang ada (*existing*) dan untuk menentukan perluasan system yang akan datang secara optimal. Misalnya :

1. Untuk menjamin kontinuitas pelayanan bahwa system beroperasi secara andal dan ekonomis pada level tegangan dan frekuensi yang memenuhi batas-batas yang ditetapkan pada system.
2. Untuk menjamin bahwa komponen system (unit pembangkit, saluran transmisi dan lainnya) tidak beroperasi pada kondisi beban lebih secara terus menerus dan system tidak mengalami rugi-rugi yang berlebihan.
3. Untuk perluasan jaringan, tambahan baru dibangun dapat memenuhi semua kebutuhan yang ekonomis, efisien dan aman.
4. Bermanfaat dalam melakukan studi kontingensi. Jika unit pembangkit tertentu mengalami gangguan dan keluar dari pelayanan, hal ini akan mempengaruhi profil tegangan dan kemungkinan beberapa unit pembangkit akan mengalami beban lebih.

5. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh keluarnya unit pembangkit dari pelayanan terhadap rugi-rugi saluran system transmisi dan operasi ekonomi dari unit pembangkit sisanya.
6. Disamping itu informasi yang diperoleh dari analisis aliran daya ini dapat pula digunakan dalam analisis hubung singkat.

Hasil yang diperoleh dari analisis aliran daya pada system tenaga listrik adalah :

1. Profil Tegangan pada setiap gardu induk (bus) dan unit pembangkit dalam system tenaga.
2. Sudut tegangan pada setiap bus
3. Gambaran aliran daya yang terjadi dalam saluran transmisi, baik besar dan arah aliran daya nyata dan reaktif.
4. Besarnya daya yang dibangkitkan oleh setiap unit pembangkit.
5. Rugi-rugi pada saluran transmisi.

Aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik secara garis besar adalah suatu peristiwa daya yang mengalir berupa daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dari suatu sistem pembangkit (sisi pengirim) melalui suatu saluran atau jaringan transmisi hingga sampai ke sisi beban (sisi penerima). Pada kondisi ideal, maka daya yang diberikan oleh sisi pengirim akan sama dengan daya yang diterima beban. Namun pada kondisi real, daya yang dikirim sisi pengirim tidak akan sama dengan yang diterima beban. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal:

1. Impedansi di saluran transmisi.

Impedansi di saluran transmisi dapat terjadi karena berbagai hal dan sudah mencakup resultan antara hambatan resistif, induktif dan kapasitif. Hal ini yang menyebabkan rugi-rugi daya karena terkonversi atau terbuang menjadi energy lain dalam transfer energi.

2. Tipe beban yang tersambung jalur.

Ada 3 tipe beban, yaitu resistif, induktif, dan kapasitif. Resultan antara besaran hambatan kapasitif dan induktif akan mempengaruhi P.F. sehingga mempengaruhi perbandingan antara besarnya daya yang ditransfer dengan yang diterima.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung tegangan dan aliran daya untuk setiap bus adalah berbeda tergantung jenis bus. Tiap-tiap bus dalam system tenaga diklasifikasi sebagai berikut :

1. Bus referensi/ Slack Bus : Nilai $|V|$ dan δ diketahui, P dan Q dihitung
2. Bus Beban : Daya real P dan harga $|V|$ diketahui, Q dan δ dihitung
3. Bus generator : daya real P dan reaktif Q diketahui, $|V|$ dan δ dihitung

Sedangkan untuk menghitung aliran daya, terdapat banyak metode, tiga metode yang biasa digunakan antara lain:

1. Accelerated Gauss-Seidel Method

Perhitungan dan pemrograman relative lebih mudah dan waktu tiap iterasi singkat.

Hanya butuh sedikit nilai masukan, tetapi lambat dalam kecepatan perhitungan.

$$[V] + [B]^{-1} [P] = [V]_{\text{baru}}$$

2. Newton Raphson Method

Cepat dalam perhitungan tetapi membutuhkan banyak nilai masukan dan parameter.

First Order Derivative digunakan untuk mempercepat perhitungan.

$$\begin{aligned} \Delta V &= -[Y]^{-1} [P] \\ \Delta V &= -[Y]^{-1} [P] \end{aligned}$$

3. Fast Decoupled Method

Dua set persamaan iterasi, antara sudut tegangan, daya reaktif dengan magnitude tegangan

Cepat dalam perhitungan namun kurang presisi

Baik untuk sistem radial dan sistem dengan jalur panjang

$$[\Delta V] = [Y]^{-1} [P]$$

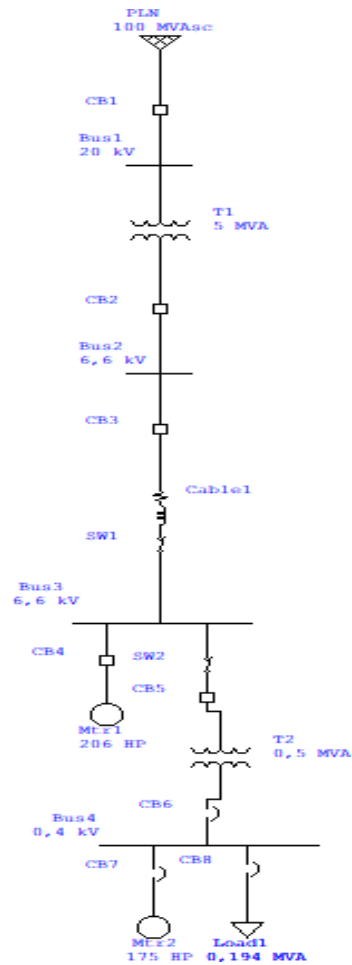
$$[\Delta V] = [Y]^{-1} [P]$$

II.3 Peralatan Percobaan

Satu Buah PC dengan instalasi ETAP 12.6.0

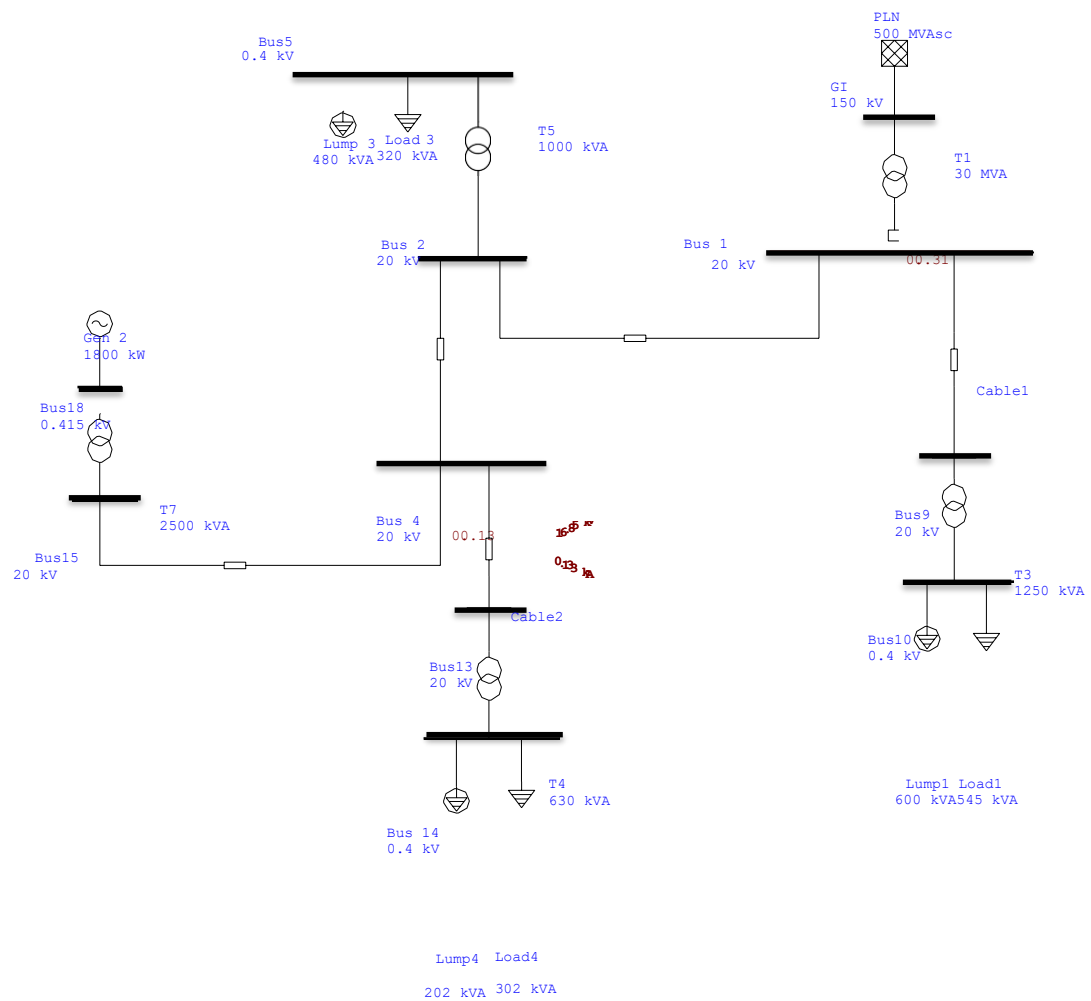
II.4 Rangkaian Percobaan

a) Rangkaian Percobaan 1 (ANSI)



Gambar 2.1 Rangkaian Percobaan Load Flow (ANSI)

b) Rangkaian Percobaan 2 (IEC)



Gambar 2.2 Rangkaian Percobaan Load Flow

II.5 Prosedur Percobaan

a) Percobaan 1 (ANSI)

1. Buat rangkaian percobaan seperti Gambar 2.1
2. Untuk cara merangkainya, perhatikan penjelasan dari asisten.
3. Ubah nilai Power Grid tiga angka dibelakang koma dengan NIM anda (Misal NIM 170402050 maka Power Grid 20,050 kV)
4. Setelah dirangkai periksa dengan teliti kembali bersama asisten.
5. Masukkan setiap nilai rating elemen seperti pada Data Percobaan 1.
6. Bila ada parameter elemen yang kurang jelas tanyakan pada asisten
7. Isi Rating data yang telah ditentukan asisten
8. Pasang HV Circuit Breaker pada one line diagram yang telah diberi

rating tersebut !

9. Gunakan Metode Newton Raphson
10. Jalankan Loadflow analysis melalui button “Run Load Flow”!
11. Catat Aliran Daya yang mengalir pada bus, *bus angle*, *Voltage Drop* pada *line/cable*, dan *branch losses*!



b) Percobaan 2 (IEC)

1. Buat rangkaian percobaan seperti Gambar 2.2
2. Ubah nilai Power Grid tiga angka dibelakang koma menjadi dengan NIM anda (Misal NIM 170402050 maka Power Grid 150,050 kV)
3. Setelah dirangkai periksa dengan teliti kembali bersama asisten.
4. Masukkan setiap nilai rating elemen.
5. Bila ada parameter elemen yang kurang jelas tanyakan pada asisten
6. Isi Rating data yang telah ditentukan asisten
7. Pasang HV Circuit Breaker pada one line diagram yang telah diberi rating tersebut !
8. Gunakan Metode Newton Raphson
9. Jalankan Loadflow analysis melalui button “Run Load Flow”!
10. Catat Aliran Daya yang mengalir pada bus, *bus angle*, *Voltage Drop* pada *line/cable*, dan *branch losses*!
11. Tuliskan berapa jumlah bus yang drop tegangannya diluar batas yang diizinkan?



II.6 Data Percobaan

a) Data Percobaan 1 (ANSI)

Power Grid			
Rated (kV)	Rating	SC Rating	X/R
20	100%	100 MVASc	10

Cable								
From Bus	To Bus	Conduct Library						Length
		Source Name	Type	#/C	kV	Size (mm ²)	Insul	
2	3	ICEA	CU	3/C	6.6	50	Rubber	10 m

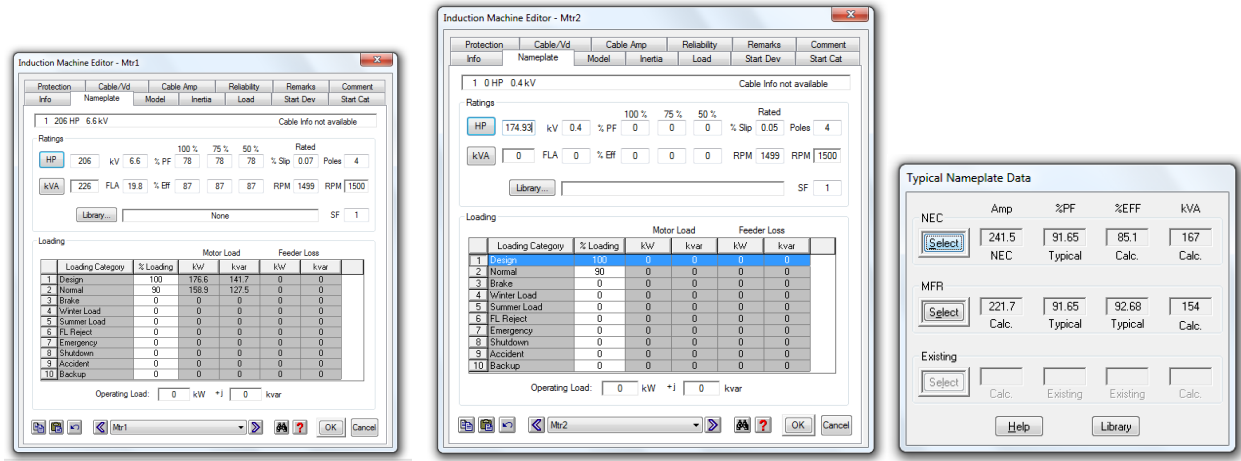
Low Voltage Circuit Breaker					
Fr/To	Manfactur	Model/Class	Pole	Max kV	Size
3/4	ABB	DSM	3	0.48	150

Transformator							
No Bus	Class	Prim/Se c	Grounding			Power Rating	Impedanc e
Prim/Se c			Vecto r	Prim	Sec		
2/3	OA/FA	20/6.6 kV	Dyn1	Not Applicable	Not Applicable	5 MVA	Typical Z & X/R
3/4	OA/FA	6.6/0.4	Dyn1	Not Applicable	Solid/TNS	0.5 MVA	Typical Z & X/R

High Voltage Circuit Breaker					
No	Manfactur	Model/Class	Count Amp	C&L Peak	Max kV
1	ABB	121PM40	40	108	121
2	ABB	121PM40	40	108	121
3	ABB	121PM40	40	108	121
4	ABB	121PM40	40	108	121
5	ABB	121PM40	40	108	121

Load				
No Bus	Jenis Load	Rating		
		MVA	Tegangan (kV)	Faktor Daya
2	Lumped Load	0.194	0.4	0.85

Low Voltage Circuit Breaker					
No	Manfactur	Model/Class	Count Amp	C&L Peak	Max kV
6	ABB	DSM	150	108	121
7	ABB	DSM	150	108	121
8	ABB	DSM	150	108	121



b) Data Percobaan 2 (IEC)

Power Grid						
Rated (kV)	Daya (MW)	ID	Mvar	Rating	SC Rating	X/R
150	2.19	PLN	2.414	100%	500 MVASc	10

Generator												
Conf	kW	kV	P F	kV A	%E F	Pole s	RP M	ID Ge n	Primov. Rating (cont/peak)	Peak (Kvar)	Type	Dyn. Mod
Volt. Regulator	1800	0.415	80	2250	90	4	1800	Gen 2	2411/2411	1041	Diesel/Silent Pole	Equivalent

Cable						
From Bus	To Bus	Conduct Library				Length
		#/C	kV	Size (mm2)	Insul	
4	13	1/C	20	50	XLPE	10 k m
1	9	1/C	20	50	XLPE	40 k m

Line							
From Bus	To Bus	Configuration		Conduct Library			Length
		Height (ft)	Spacing(AB:BC)	Source Name	Cond.Type	Code	
4	15	36	2.625 ft; 3.94	Pirelli	AAC	MARS	10 km
2	4	36	2.625 ft; 3.94	Pirelli	AAC	MARS	75 km
1	2	36	2.625 ft; 2.625	Pirelli	AAC	MARS	20 km

Transformer								
No Bus	Type/Sub	Class	Prim/Sec	Grounding			Power Rating	Impedance
Prim/Sec	Type			Vector	Prim	Sec		
G1/1	Liquid Fill/Other	ONAN	150/20 kV	Dyn5	Not Applicable	Solid	30 MVA	Typical Z & X/R
9/10	Liquid Fill/Other	ONAN	20/0.4 kV	Dyn5	Not Applicable	Solid	1250 kVA	Typical Z & X/R
2/5	Liquid Fill/Other	ONAN	20/0.4 kV	Dyn5	Not Applicable	Solid	1000 kVA	Typical Z & X/R
18/15	Liquid Fill/Other	ONAN	0.4/20 kV	Dyn5	Not Applicable	Solid	2500 kVA	Typical Z & X/R
13/14	Liquid Fill/Other	ONAN	20/0.4 kV	Dyn5	Not-Applicable	Solid	630 KVA	Typical Z & X/R

Load Bus Data							
No Bus	Jenis Load	Rating			Operating Value		Quantity
		kVA	Tegangan (kV)	Faktor Daya	kW	jVAR	
5	Static Load	320	0.4	0.85	213	213	2
14	Static Load	302	0.4	0.85	273	273	1
10	Static Load	400	0.4	0.85	377	377	1
5	Lump Load	480	0.4	0.85	408;253	408;253	1
14	Lump Load	202	0.4	0.85	172;106	172;106	1
10	Lump Load	600	0.4	0.85	510;316	510;316	1

II.7 Tugas dan Pertanyaan

1. Apa yang menyebabkan perbedaan besaran aliran daya pada setiap percabangan?
2. Dari hasil aliran daya yang ditampilkan apa yang menyebabkan perbedaan bus voltage dan bus angle?
3. Apa yang menyebabkan voltage drop pada system?
4. Melalui tombol “Alert View”, Analisa apa yang terjadi pada kondisi critical dan marginal? Mengapa hal tersebut dapat terjadi ? Dan apa yang dapat dilakukan mengatasi masalah tersebut ?

MODUL III

SHORT CIRCUIT ANALYSIS

III.1 Tujuan Percobaan

Adapun tujuan percobaan short circuit analysis antara lain untuk :

1. Mempelajari karakteristik arus gangguan
2. Mempelajari simulasi gangguan pada ETAP 12.6.0
3. Mempelajari manfaat Analisa gangguan

III.2 Teori Umum

Pada suatu sistem tenaga listrik tidak dapat dihindari adanya gangguan, walaupun sudah didesain sebaik mungkin. Hal ini dapat disebabkan oleh kerusakan isolasi pada sistem tenaga listrik ataupun gangguan dari luar seperti dahan pohon dan sebagainya yang mengakibatkan terjadinya hubung singkat. Adanya hubung singkat menimbulkan arus lebih yang pada umumnya jauh lebih besar daripada arus pengenal peralatan dan terjadi penurunan tegangan pada sistem tenaga listrik, sehingga bila gangguan tidak segera dihilangkan dapat merusak peralatan dalam sistem tersebut. Besarnya arus hubung singkat yang terjadi sangat dipengaruhi oleh jumlah pembangkit yang masuk pada sistem, letak gangguan dan jenis gangguan.

Besar arus hubung singkat ditentukan oleh kareakteristik dan jenis gangguan hubung singkat yang terjadi. Karakteristik utama hubung singkat adalah :

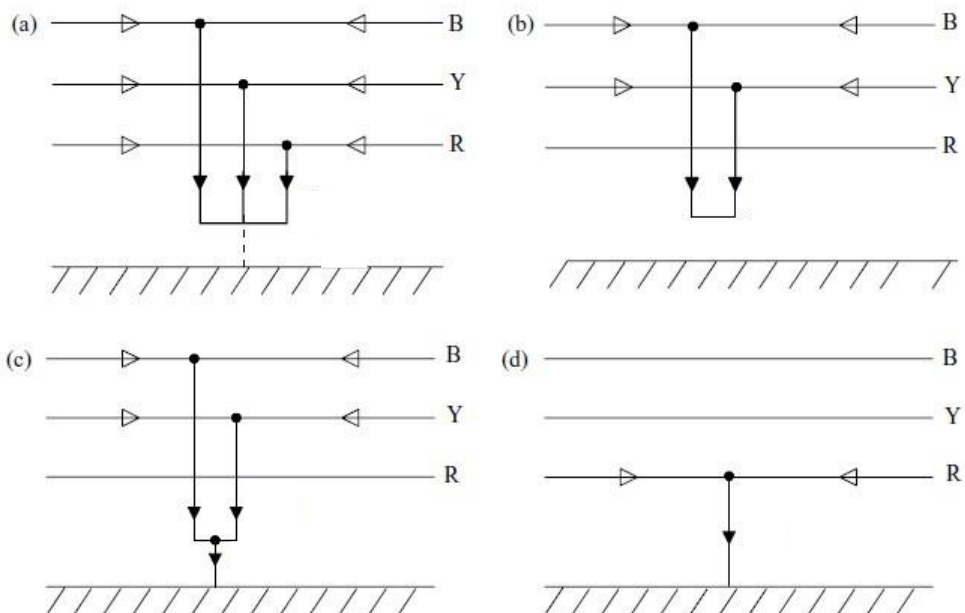
1. Duration atau lamanya hubung singkat (transient dan steady state)
2. Origin yaitu yang menyebabkan mula terjadi hubung singkat, dapat disebabkan oleh mekanis (konduktor yang patah, terhubungnya antara dua konduktor melalui media lain seperti pohon, hewan dan lain-lain), tegangan lebih dalam peralatan atau atmospher, rusaknya isolasi karena panas, lembab dan korosi.

3. Lokasi : Besar arus hubung singkat ditentukan juga oleh lokasi terjadinya gangguan. Lokasi ini dapat didalam mesin-mesin listrik, transformator atau diluar mesin seperti busbar dan saluran transmisi.

Jenis jenis Gangguan Hubung Singkat antara lain :

1. Hubung singkat tiga fasa (LLL) atau gangguan simetris (5% dari jumlah gangguan yang terjadi)
2. Hubung singkat satu fasa ke tanah (L-G) (60-70% dari jumlah gangguan yang terjadi)
3. Hubung singkat dua fasa ke tanah (LL-G). (15-25% dari jumlah gangguan yang terjadi).
4. Hubung singkat fasa ke fasa (L-L) : (5-15% dari jumlah gangguan yang terjadi). Gangguan ini cenderung untuk berbuah menjadi gangguan hubung singka 3 fasa.

Perbedaan diantara jenis-jenis gangguan hubung singkat ini dapat dilihat seperti dalam Gambar 4.1



Gambar 3.1 Jenis Jenis Gangguan Hubung Singkat

Berdasarkan jenis arus gangguannya, gangguan pada sistem tenaga listrik dibagi menjadi dua bagian yaitu gangguan simetris dan gangguan tak simetris.

A. Gangguan Hubung Singkat Simetris

Gangguan hubung singkat simetris adalah gangguan hubung singkat tiga fasa pada sistem tenaga seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1a akan menyebabkan besaran arus pada sistem sangat besar dan seimbang, tetapi tegangan sama dengan nol. Untuk menghitung arus pada titik gangguan diperlukan metode sebagai alat untuk mempermudah perhitungan .

Metode tersebut adalah :

1. Metode Thevenin

Metode Thevenin merupakan salah satu dari sekian metode untuk menghitung arus listrik pada salah satu cabang dari rangkaian listrik yang terdiri dari banyak cabang atau banyak loop (rangkaiian tertutup) atau dengan kata lain sistem tenaga yang banyak bus. Penerapan metode Thevenin dari suatu rangkaian atau jaringan yang rumit yang terdiri dari banyak sumber tegangan dan impedansi peralatan. Pada prinsipnya metode Thevenin menyederhanakan rangkaian rumit tersebut menjadi suatu model rangkaian yang disebut dengan rangkaian ekuivalen Thevenin, yang terdiri dari satu sumber tegangan Thevenin yang dihubungnkan seri dengan sebuah impedansi Thevenin.

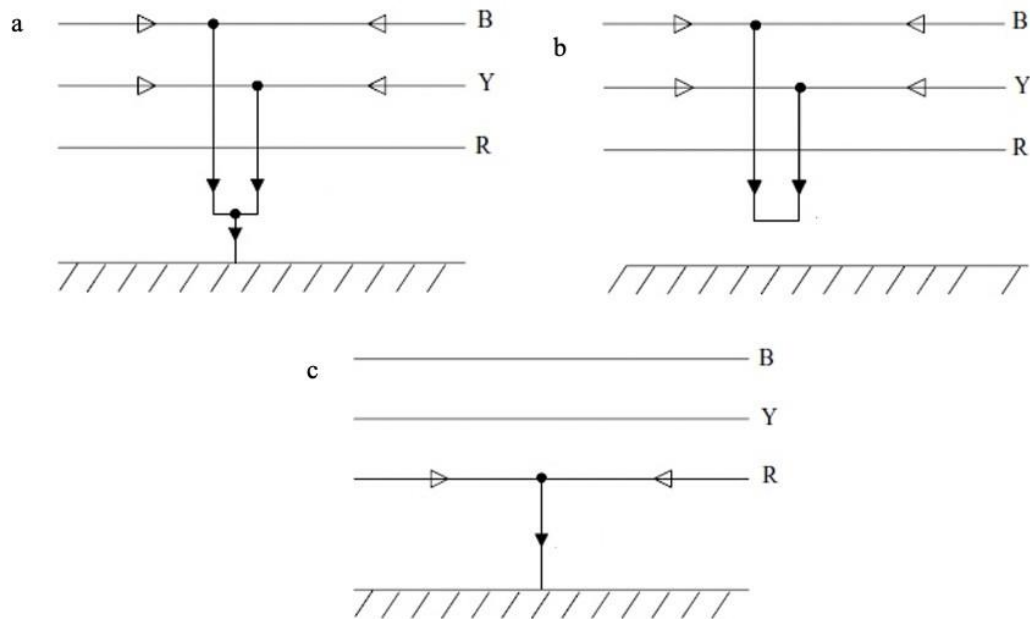
2. Metode matrik impedansi bus

Metode matrik impedansi bus adalah lebih efisien dibandingkan dengan metode Thevinin. Karena untuk system tenaga yang besar dengan banyak bus, metode Thevenin membutuhkan waktu yang lama dan rumit, sehingga tidak efisien. Analisis hunung singkat dengan menggunakan metode matrik impedasi bus, pertama sekali yang harus dilakukan adalah pembentukan matrik admittansi bus Y_{bus} dari system tenaga dan kedua mengubah matrik admittansi bus menjadi matrik impedansi bus Z_{bus} . Elemen diagonal dari matrik impedansi Z_{bus} ini adalah sama dengan impedansi ekuivalen Thevenin yang diukur dari bus yang terganggu atau impedansi total yang dihitung dari lokasi gangguan. Elemen diagonal matrik impedansi Z_{bus} yang digunakan untuk menghitung arus hubung

singkat pada tiap bus dari system tenaga. Pembentukan matrik admittansi bus adalah dengan menggunakan teori Node Voltage (Metode tegangan titik simpul), titik simpul pada jaringan sistem tenaga.

B. Gangguan Hubung Singkat Tak Simetris

Gangguan hubung singkat tak simetris (*asymmetrical fault*) pada system tenaga seperti ditunjukkan Gambar 4.2.



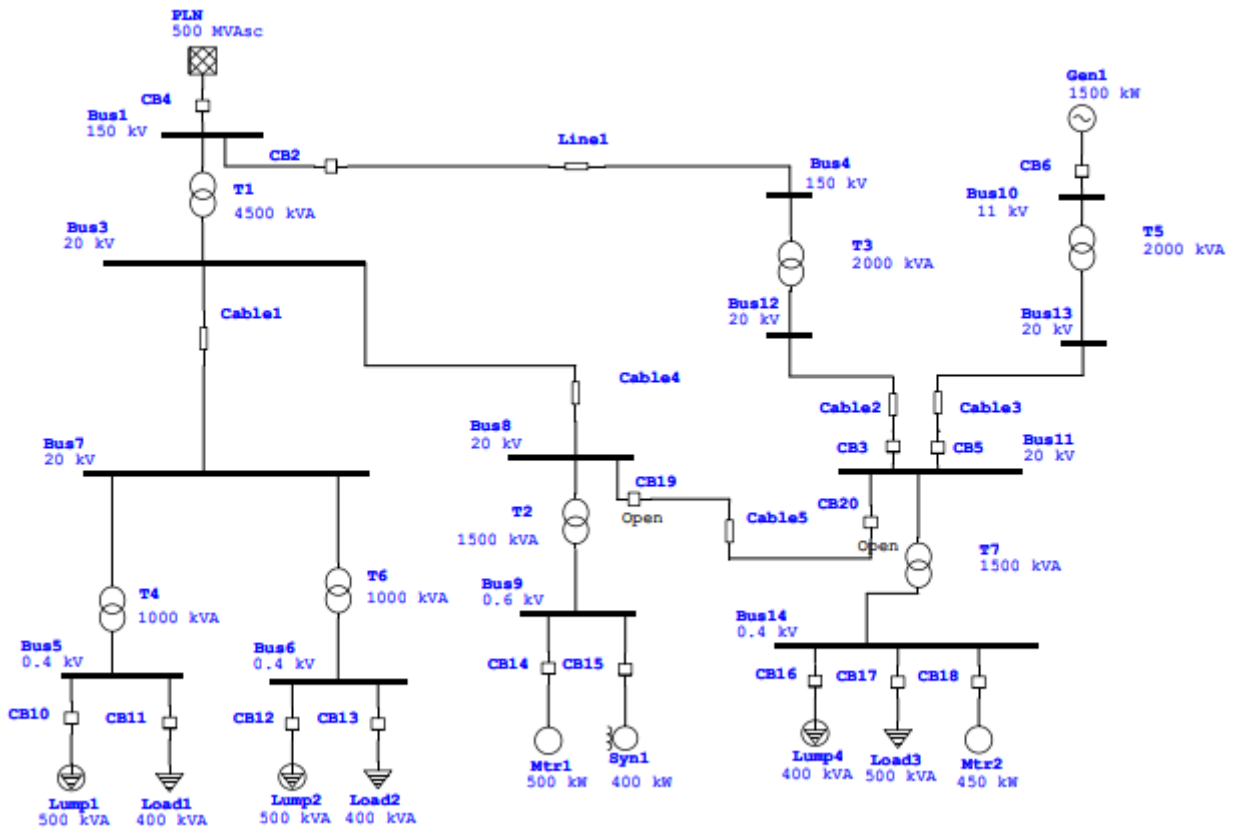
Gambar 4.2 Gangguan Hubung Singkat Tak Simetris

Untuk menghitung arus pada titik gangguan diperlukan metode sebagai alat untuk mempermudah perhitungan gangguan hubung singkat tak simetrik menggunakan metode yang sama dengan metode hubung singkat simetris, yaitu metode Thevenin dan Matriks impedansi bus.

III.3 Peralatan Percobaan

Satu buah PC yang telah diinstal ETAP 12.6.0

III.4 Rangkaian Percobaan



Gambar 3.1 Rangkaian Percobaan Analisa Gangguan

III.5 Prosedur Percobaan

1. Buat rangkaian sesuai dengan gambar 3.1 dengan menggunakan ETAP
 2. Tulis rating peralatan ada pada seperti tertera pada data percobaan
- III.5
3. Jika anda memiliki NIM genap rangkai dengan standard IEC, jika anda memiliki NIM ganjil buat dengan standard ANSI
 4. Ubah nilai Power Grid tiga angka dibelakang koma menjadi dengan NIM anda (Misal NIM 170402050 maka Power Grid 500,050 kV)
Jika anda memiliki NIM Ganjil, tambahkan tiga nilai dibelakang koma pada Load 1 (NIM : 170402050, maka Load 1 400,050 kVA).

Jika anda memiliki NIM Genap, tambahkan tiga nilai dibelakang koma pada Load 3 (NIM : 170402050, maka Load 3 500,050 kVA).

5. Gunakan Metode Newton Raphson
6. Jalankan Loadflow analysis melalui button “Run Load Flow”!
7. Amati arus yang mengalir pada rangkaian percobaan dengan menggunakan load flow analysis
8. Kemudian berikan gangguan pada bus (sesuai instruksi asisten) dengan menggunakan short circuit study case.
9. Amati arus gangguan yang terjadi.
10. Catat besarnya arus gangguan.
11. Periksa Short Circuit Analysis View
12. Ulangi percobaan dengan menutup circuit breaker C19 dan C20.



III.6 Data Percobaan

Power Grid			
Rated (kV)	Rating	SC Rating	X/R
150	100%	500 MVASc	10

Cable								
From Bus	To Bus	Conduct Library						Length
		Source Name	Type	#/C	kV	Size (mm ²)	Insul	
3	7	Heesung	CU	3/C	20	50	XLPE	2 km
12	11	Heesung	CU	3/C	20	50	XLPE	2 km
13	11	Heesung	CU	3/C	20	50	XLPE	2 km
3	8	Heesung	CU	3/C	20	50	XLPE	2 km
5	11	Heesung	CU	3/C	20	50	XLPE	2 km

Line							
From Bus	To Bus	Configuration		Conduct Library			Length
		Height (ft)	Spacing(AB:BC)	Source Name	Cond.Type	Code	
1	4	10	8 m; 8 m	Pirelli	AAAC	CHLORINE	5 km

Generator												
Conf	kW	kV	PF	kVA	%EF	Poles	RPM	ID Gen	Primov. Rating (cont/peak)	Peak (Kvar)	Type	Dyn. Mod
Swing	2000	11	85	2250	95	4	1800	Bus 10	1500/20000	620	Steam Turbo/Round Rotor	Equivalent

Transformator								
No Bus	Type/Sub	Class	Prim/Sec	Grounding			Power Rating	Impedance
Prim/Sec	Type			Vector	Prim	Sec		
1/3	Liquid Fill/Other	ONAN	150/20 kV	DyNn1	Not Applicable	Not Applicable	4500 kVA	Typical Z & X/R
4/12	Liquid Fill/Other	ONAN	150/20 kV	DyNn1	Not Applicable	Solid/TNS	2000 kVA	Typical Z & X/R
10/13	Liquid Fill/Other	ONAN	11/20 kV	DyNn1	Not Applicable	Solid/TNS	2000 kVA	Typical Z & X/R
7/5	Liquid Fill/Other	ONAN	20/0.4 kV	DyNn1	Not Applicable	Solid/TNS	1000 kVA	Typical Z & X/R
7/6	Liquid Fill/Other	ONAN	20/0.4 kV	DyNn1	Not Applicable	Solid/TNS	1000 KVA	Typical Z & X/R
11/14	Liquid Fill/Other	ONAN	20/0.4 kV	DyNn1	Not Applicable	Solid/TNS	1500 kVA	Typical Z & X/R
8/9	Liquid Fill/Other	ONAN	20/0.6 kV	DyNn1	Not Applicable	Solid/TNS	1500 kVA	Typical Z & X/R

Load Bus Data				
No Bus	Jenis Load	Rating		
		kVA	Tegangan (kV)	Faktor Daya
5	Static Load	400	0.4	0.9
6	Static Load	400	0.4	0.9
14	Static Load	500	0.4	0.9
5	Lump Load	500	0.4	0.85
6	Lump Load	500	0.4	0.85
14	Lump Load	400	0.4	0.85

High Voltage Circuit Breaker						
ID	Manufacture	Model/Class	Rated kV	Rated Amp.	Peak Making	AC Breaking
CB4	Alstom	HGF 214/2C	245	1250	160	63
CB2	Alstom	HGF 214/2C	245	1250	160	63
CB6	ABB	HD4-HPA12	12	1250	80	31.5
CB3	ABB	25HKSA1000	25	1200	63	25
CB5	ABB	25HKSA1000	25	1200	63	25
CB19	ABB	25HKSA1000	25	1200	63	25
CB20	ABB	25HKSA1000	25	1200	63	25

Low Voltage Circuit Breaker				
ID	Manufacture	Model	Rated kV	Rated Amp.
CB10	ABB	DSM	0.415	1250
CB11	ABB	DSM	0.415	1250
CB12	ABB	DSM	0.415	1250
CB13	ABB	DSM	0.415	1250
CB14	ABB	EHB	0.69	1250
CB15	ABB	EHB	0.69	1250
CB16	ABB	DSM	0.415	1250
CB17	ABB	DSM	0.415	1250
CB18	ABB	DSM	0.415	1250

Mtr 1
Induction Machine Editor - Mtr1

Cable Amp	Protection	Reliability	Remarks	Comment					
Info	Nameplate	Imp	Model	Inertia	Load	Start Dev	Start Cat	Cable/Vd	
1 500 kW 0.6 kV Cable Info not available									
Ratings									
kW	500	kV	0.6	% PF	92.2	92.2	92.2	0	92.2
kVA	580.8	FLA	558.9	% Eff	93.37	93.37	93.37	0	93.37
Poles	4	RPM	1500	%FLA	100	75	50	0	100
				% Slip	0.05	RPM	1499	SF	1

Induction Machine Editor - Mtr1

Cable Amp	Protection	Reliability	Remarks	Comment				
Info	Nameplate	Imp	Model	Inertia	Load	Start Dev	Start Cat	Cable/Vd
1 500 kW 0.6 kV Cable Info not available								
Design Other								
Locked Rotor			Sequence Z					
%LRC	LRA	LR kVA/HP	X*	Xo	X2			
600	3353	5.2	16.412	20	20			
%PF	X/R	T*	X*/R					
17.41	5.656	0.2 sec	20.166					
ANSI Short-Circuit Z			Torque					
<input checked="" type="radio"/> Std MF			<input type="radio"/> User Defined					
<input type="radio"/> From T*								
%Xsc			%					
20 1/2 cy Network			LR 35 1114.8					
50 1.5-4 cy Network			Max 210 6688.8					
			Rated 100 3185.2					

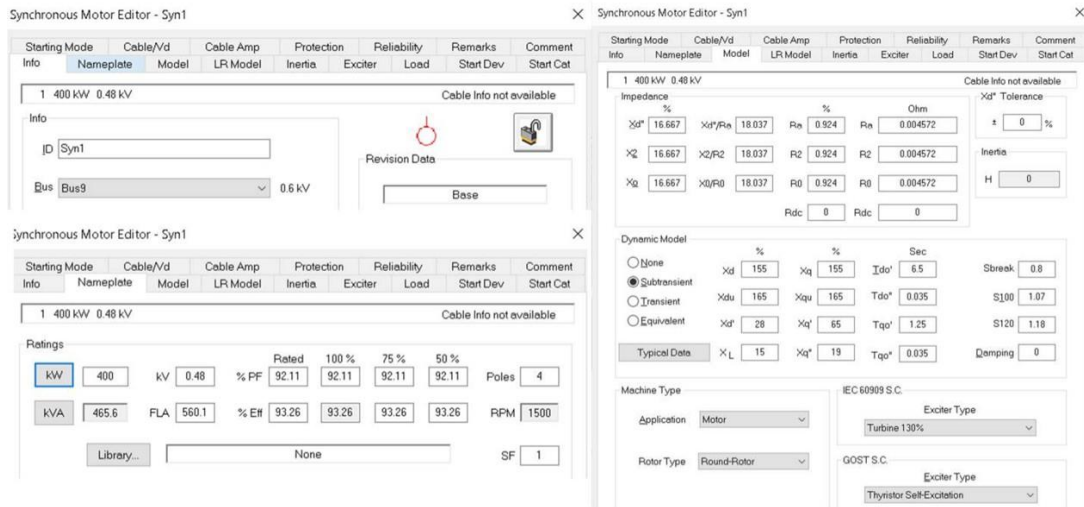
Mtr 2
Induction Machine Editor - Mtr2

Cable Amp	Protection	Reliability	Remarks	Comment					
Info	Nameplate	Imp	Model	Inertia	Load	Start Dev	Start Cat	Cable/Vd	
1 450 kW 0.4 kV Cable Info not available									
Ratings									
kW	450	kV	0.4	% PF	92.16	92.16	92.16	0	92.16
kVA	523.2	FLA	755.2	% Eff	93.32	93.32	93.32	0	93.32
Poles	4	RPM	1500	%FLA	100	75	50	0	100
				% Slip	0.05	RPM	1499	SF	1

Induction Machine Editor - Mtr2

Cable Amp	Protection	Reliability	Remarks	Comment				
Info	Nameplate	Imp	Model	Inertia	Load	Start Dev	Start Cat	Cable/Vd
1 450 kW 0.4 kV Cable Info not available								
Design Other								
Locked Rotor			Sequence Z					
%LRC	LRA	LR kVA/HP	X*	Xo	X2			
600	4531	5.2	16.337	20	20			
%PF	X/R	T*	X*/R					
17.93	5.488	0.2 sec	19.132					
ANSI Short-Circuit Z			Torque					
<input checked="" type="radio"/> Std MF			<input type="radio"/> User Defined					
<input type="radio"/> From T*								
%Xsc			%					
20 1/2 cy Network			LR 35 1003.3					
50 1.5-4 cy Network			Max 210 6020					
			Rated 100 2866.6					

Syn 1



III.1 Tugas dan Pertanyaan

1. Lakukan analisis hubung singkat pada rangkaian jika terjadi gangguan pada semua bus. Tentukan nilai arus gangguan tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, dan fasa ke fasa. (Buat dalam bentuk tabel)
2. Tentukan nilai rating ampere minimum circuit breaker pada setiap bus.
3. Bila terjadi gangguan pada Bus13, apa yang harus dilakukan untuk mengisolasi gangguan?
4. Bila terjadi gangguan pada Bus5, apa yang harus dilakukan untuk mengisolasi gangguan?
5. Berikan kesimpulan terhadap soal 3 dan 4.

