

Buku "Inovasi Pembelajaran: Pengembangan Kualitas Digitalisasi" yang ditulis oleh para profesor Universitas Sumatera Utara menyajikan pandangan mendalam tentang transformasi pendidikan di era digital. Dalam buku ini, penulis menekankan pentingnya inovasi dalam metode pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan menyiapkan siswa menghadapi tantangan global.

Berbagai strategi digitalisasi dibahas, termasuk penerapan teknologi dalam kelas, pengembangan kurikulum berbasis digital, serta pentingnya pelatihan bagi pendidik dalam memanfaatkan teknologi secara efektif. Para penulis juga menyoroti tantangan dan peluang yang dihadapi institusi pendidikan dalam mengimplementasikan inovasi ini.

Secara keseluruhan, buku ini tidak hanya memberikan wawasan akademis tetapi juga praktis, mendorong para pendidik dan pengambil keputusan untuk terus beradaptasi dan berinovasi demi menciptakan lingkungan belajar yang lebih baik dan relevan di tengah perkembangan teknologi yang pesat.



# INOVASI PEMBELAJARAN : PENGEMBANGAN KUALITAS DIGITALISASI

Pujiati  
Elmeida Effendy  
Syah Mirsyah Warli  
Rosnidar Sembiring  
Luthfi Aziz Mahmud Siregar  
Lusiana Andriani Lubis  
Rudy Sofyan



Editor  
Pujiati  
Elmeida Effendy

# **INOVASI PEMBELAJARAN : PENGEMBANGAN KUALITAS DIGITALISASI**

Penulis:

**Pujiati**

**Elmeida Effendy**

**Syah Mirsya Warli**

**Rosnidar Sembiring**

**Luthfi Aziz Mahmud Siregar**

**Lusiana Andriani Lubis**

**Rudy Sofyan**

Editor:

**Pujiati**

**Elmeida Effendy**

**USU Press**

*Art Design, Publishing & Printing*

Universitas Sumatera Utara, Jl. Pancasila, Padang Bulan,  
Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

Telp. 0811-6263-737

usupress.usu.ac.id

© USU Press 2024

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang; dilarang memperbanyak menyalin, merekam sebagian atau seluruh bagian buku ini dalam bahasa atau bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

ISBN 978-602-465-596-9

Inovasi Pembelajaran : Pengembangan Kualitas Digitalisasi/  
Pujiati [et.al.] – Editor: Pujiati; Elmeida Effendy – Medan: USU  
Press 2024

ii, 196 p; illus : 25 cm

Bibliografi

ISBN: 978-602-465-596-9

Dicetak di Medan, Indonesia

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa ta'ala atas selesainya penyusunan buku ini yang berjudul "Inovasi Pembelajaran: Pengembangan Kualitas Digitalisasi." Buku ini merupakan hasil kolaborasi beberapa profesor dari Universitas Sumatera Utara, yang memiliki dedikasi dan komitmen tinggi terhadap pengembangan pendidikan di tanah air.

Dalam era digital yang terus berkembang, inovasi dalam pembelajaran menjadi sangat penting. Buku ini menghadirkan berbagai topik yang membahas pendekatan-pendekatan baru dalam pendidikan, teknologi pembelajaran, serta strategi implementasi digitalisasi yang efektif. Setiap bab ditulis oleh para ahli di bidangnya, menyajikan pemikiran, pengalaman dan pembahasan yang komprehensif serta mendalam yang diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kualitas pembelajaran.

Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat dan inspiratif bagi semua pihak yang terlibat dalam proses pembelajaran seperti pendidik, peneliti, dan praktisi pendidikan, serta membuka wawasan baru dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan di Indonesia. Semoga karya ini bermanfaat dan dapat mendukung transformasi pendidikan yang lebih baik di masa depan.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini dapat menjadi pedoman yang bermanfaat dan memotivasi kita semua untuk terus berkomitmen dalam melakukan inovasi pembelajaran dalam pelaksanaan Tridarma Perguruan Tinggi. Dengan demikian, mari kita eksplorasi bersama berbagai inovasi pembelajaran yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan di era digital ini.

Salam inovasi !!

# DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	ii
Bab I Pendahuluan.....	1
Inovasi Teknologi dalam Pembelajaran, Pembelajaran <i>Online</i> , Pembelajaran <i>Blended</i> , Pembelajaran Berbasis Game, Realitas Virtual dan <i>Augmented</i> Syahmirsa Warli .....	4
Model Inovasi Pembelajaran Hukum Sebagai Upaya Dalam Meningkatkan Digitalisasi Pendidikan Rosnidar Sembiring.....	12
Inovasi Pembelajaran Bahasa Arab dan budaya dalam Pengembangan Kualitas Keilmuan Berbasis Digitalisasi Pujiati .....	40
Komunikasi Inovasi Elsimil dalam Upaya Meningkatkan Pengetahuan Pendewasaan Usia Perkawinan (PUP) di Sumatera Utara Lusiana Andriani Lubis .....	73
Inovasi Pembelajaran: Pengembangan Kualitas Digitalisasi <i>Screening</i> dan Tatalaksana Depresi dan Ansietas Elmeida Effendy .....	92
Digitalisasi Pembelajaran Pembekalan KKN Internasional melalui <i>Learning Management System kelas pintar.usu.ac.id</i> Rudy Sofyan .....	117
Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Bioteknologi untuk Pemuliaan Tanaman Luthfi Aziz Mahmud Siregar .....	140

# BAB I

## PENDAHULUAN

Era digital dalam beberapa dekade terakhir telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan yang harus beradaptasi dengan perubahan yang terjadi. Di tengah tuntutan globalisasi dan kemajuan teknologi, pendidikan dihadapkan pada kebutuhan untuk beradaptasi dan berinovasi agar tetap relevan dan efektif. Inovasi pembelajaran muncul sebagai solusi untuk menjawab tantangan ini, dengan fokus pada pengembangan kualitas digitalisasi dalam proses belajar mengajar. Teknologi digital menawarkan peluang baru untuk mengembangkan metode pembelajaran yang lebih efektif, efisien, dan menarik. Hal ini menjadi sangat relevan mengingat tantangan yang dihadapi oleh pendidik dan peserta didik dalam menghadapi dinamika zaman. Dalam konteks ini, inovasi digitalisasi pembelajaran menjadi sangat penting untuk meningkatkan kualitas keilmuan.

Seiring dengan semakin meluasnya akses terhadap perangkat digital, seperti komputer, tablet, dan *smartphone*, metode pembelajaran tradisional mulai dirasa kurang efektif dalam menarik minat siswa. Pembelajaran konvensional yang bersifat satu arah sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan dan gaya belajar yang beragam. Oleh karena itu, penting untuk mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran guna menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan.

Inovasi dalam pembelajaran tidak hanya melibatkan penggunaan teknologi, tetapi juga mencakup pendekatan baru yang mendorong kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Konsep pembelajaran berbasis proyek, gamifikasi, dan pembelajaran kolaboratif adalah beberapa contoh metode yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Dengan memanfaatkan teknologi digital, pendidik dapat merancang pengalaman belajar yang lebih responsif dan relevan dengan kebutuhan siswa di abad ke-21. Aspek-aspek penting dalam inovasi pembelajaran, antara lain:

1. Penggunaan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK): Menggali berbagai aplikasi TIK yang dapat meningkatkan interaksi dan kolaborasi dalam kelas.
2. Pembelajaran Berbasis Proyek: Mengembangkan metode pembelajaran yang mendorong kreativitas dan *problem-solving* melalui proyek nyata.
3. Gamifikasi dalam Pembelajaran: Mengintegrasikan elemen permainan dalam proses belajar untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa.
4. Kurikulum Digital: Mendesain kurikulum yang responsif terhadap kebutuhan abad 21 dengan memanfaatkan sumber daya digital.
5. Evaluasi Pembelajaran Digital: Mengembangkan metode evaluasi yang sesuai dengan pendekatan digital untuk menilai efektivitas pembelajaran.

Selain itu, digitalisasi dalam pendidikan membuka peluang untuk memperluas akses terhadap sumber daya pendidikan. Siswa dari berbagai latar belakang kini memiliki kesempatan untuk mengakses informasi dan materi pembelajaran berkualitas tanpa batasan geografis. Ini penting dalam upaya menciptakan pendidikan yang inklusif dan merata bagi semua lapisan masyarakat.

Tujuan penulisan buku ini adalah untuk: (1) Mengidentifikasi dan mengevaluasi berbagai inovasi dalam digitalisasi pembelajaran. (2) Menjelaskan bagaimana inovasi tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas keilmuan. (3) Memberikan panduan praktis bagi pendidik dan institusi pendidikan dalam mengimplementasikan teknologi digital dalam proses pembelajaran. Manfaat penulisan buku ini yaitu antara lain (1) dapat menyediakan sumber informasi yang komprehensif tentang digitalisasi pembelajaran. (2) Meningkatkan pemahaman pendidik dan akademisi tentang pentingnya inovasi digital dalam pendidikan (3) Mendorong penggunaan teknologi digital untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Dalam rangka memenuhi tuntutan, arus perubahan dan kebutuhan dunia digitalisasi di era revolusi industri, *link and match* dengan dunia usaha dan dunia industri (DU/DI), dan mempersiapkan mahasiswa yang cerdas dan trampil dan berkarakter bintang dalam dunia kerja, Universitas Sumatera Utara

perlu merancang dan melaksanakan inovasi digitalisasi pembelajaran yang kreatif agar mahasiswa dapat meraih capaian pembelajaran mencakup aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan secara optimal.

Beberapa topik/isu yang bisa dikembangkan berkaitan inovasi digitalisasi pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pengembangan keilmuan antara lain seperti (1) Inovasi Teknologi dalam Pembelajaran, pembelajaran *Online*, pembelajaran *blended*, pembelajaran Berbasis *Game*, realitas *Virtual* dan *Augmented* (2) Implementasi digitalisasi dalam pembelajaran, strategi Implementasi, studi kasus berhasil, tantangan dan Solusi, (3) Pengaruh digitalisasi terhadap Kualitas Keilmuan, pengembangan Kompetensi, peningkatan keterlibatan mahasiswa, (4) Evaluasi dan pengukuran kualitas Pembelajaran, masa depan digitalisasi pembelajaran, tren dan prediksi, inovasi masa depan dan sebagainya.

Buku ini dibuat untuk mengeksplorasi berbagai topik terkait inovasi pembelajaran dan pengembangan kualitas digitalisasi. Dengan membahas praktik terbaik, penelitian terkini, dan pengalaman nyata di lapangan, kami berharap dapat memberikan wawasan yang bermanfaat bagi pendidik, peneliti, dan pemangku kepentingan dalam dunia pendidikan. Semoga upaya ini dapat mendorong penerapan inovasi yang lebih luas dalam pendidikan dan membantu menciptakan lingkungan belajar yang lebih efektif dan berkualitas di masa depan.

# **Inovasi Teknologi dalam Pembelajaran, Pembelajaran *Online*, Pembelajaran *Blended*, Pembelajaran Berbasis Game, Realitas Virtual dan *Augmented***

**Syahmirsa Warli**

## **Pendahuluan**

Secara tradisional, pendidikan bedah masih sangat bergantung pada pendidikan tatap muka, dengan menekankan pentingnya pembelajaran melalui pengalaman klinis, pertemuan dengan pasien, dan pelatihan bedah langsung. Di era digital saat ini, inovasi teknologi telah menjadi pendorong utama dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam dunia pendidikan. Bidang ilmu bedah, yang menuntut keahlian teknis dan pemahaman mendalam, menghadapi tantangan dalam mengembangkan metode pembelajaran yang efektif dan efisien. Untuk itu, penerapan teknologi modern dalam pembelajaran menjadi suatu kebutuhan yang mendesak.

## **Masalah**

Pendidikan bedah memiliki tantangan tersendiri ketika mempertimbangkan pembelajaran jarak jauh, karena penguasaan teknik bedah paling baik diperoleh melalui pengalaman langsung. Namun, dengan berkembangnya teknologi, banyak sekolah kedokteran yang mulai mengintegrasikan pembelajaran jarak jauh ke dalam modul pendidikan bedah. [1]

## **Pemecahan Masalah**

Saat ini, terdapat tiga mode utama pendidikan jarak jauh (*distance education*):

- (1) *E-learning* didefinisikan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (*WHO*) sebagai “pendekatan untuk mengajar dan belajar, berdasarkan penggunaan media elektronik dan perangkat sebagai alat untuk meningkatkan akses ke pelatihan, komunikasi, dan interaksi, serta memfasilitasi adopsi cara-

cara baru dalam memahami dan mengembangkan pembelajaran.” *E-learning* juga melibatkan penggunaan teknologi canggih dan alat pengajaran multimodal seperti model tiga dimensi untuk mereplikasi anatomi tubuh manusia. [2]

- (a) Pembelajaran jarak jauh (PJJ / *distance learning*) menggunakan kombinasi *e-learning* dan pembelajaran tatap muka. Terdapat pergeseran dari penggunaan buku teks elektronik tradisional, dengan atau tanpa tambahan multimedia canggih, menuju media yang benar-benar interaktif. Dalam konteks anatomi dan bedah, *flipped classrooms* dan pembelajaran aktif sering digunakan. Salah satu karakteristik utama pembelajaran jarak jauh adalah bahwa hal itu dapat diakses kapan saja dan di mana saja, berdasarkan kebutuhan pelajar dan dapat disesuaikan untuk menargetkan area peningkatan pelajar. [2]
- (2) Realitas virtual (*Virtual reality*) sebelumnya didefinisikan oleh Heim (1998) dengan tiga elemen kunci: imersi, interaktivitas, dan intensitas informasi.
- (3) Mode pembelajaran lainnya mencakup konferensi video dan telemedicine. Konferensi video melibatkan penggunaan aplikasi seperti Google Hangouts, Zoom, dan Skype untuk memungkinkan departemen klinis mengadakan kuliah dan sesi pengajaran.

### ***E-learning***

Manfaat *e-learning* sering dijelaskan dalam keuntungan operasional dan logistik yang ditawarkan oleh *e-learning*. *Joint Information Council* menyebutkan 11 keuntungan *e-learning*. Mayoritas dari poin-poin ini menekankan bahwa *e-learning* dapat diakses dan fleksibel bagi para pelajar. Hal ini disebabkan karena *e-learning* dapat tersedia di berbagai platform dan dapat diakses baik di tempat kerja maupun di rumah. Fleksibilitas ini memungkinkan peserta pelatihan untuk mengakses lingkungan belajar mereka pada waktu yang sesuai dan relevan dengan kebutuhan pelatihan mereka

sendiri atau sebagai bagian dari pendekatan yang dipadukan dengan pengajaran tradisional. *E-learning* dapat berbentuk berbagai macam yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan lingkungan belajar dan pelajar tertentu. Ini termasuk sumber daya data berbasis web, modul *online* interaktif, lingkungan realitas virtual, dan pasien virtual. Sering kali, individu atau institusi mengumpulkan sumber daya ini sebagai bagian dari platform pembelajaran. Dengan demikian, *e-learning* telah berkembang menjadi proses pembelajaran yang didukung oleh teknologi informasi dan komunikasi. [3]

### **Contoh Manfaat *E-learning* dalam Pendidikan Bedah**

Dampak dari *European Working Time Directive*, meningkatnya beban kerja peserta pelatihan, anggaran studi yang berkurang, serta bukti praktik terbaik yang terus diperbarui menunjukkan bahwa keuntungan ini sangat relevan bagi peserta pelatihan bedah dan Pengembangan Profesional Berkelanjutan. Hal ini terutama berlaku dalam bidang onkologi dan bedah onkologi, di mana perkembangan pengobatan baru dan jalur perawatan terus berkembang. *E-learning* memungkinkan peserta pelatihan untuk melihat bukti dan jalur baru, serta memungkinkan mereka untuk menerapkan dan dievaluasi berdasarkan informasi baru tersebut dalam lingkungan yang aman. Ini jauh lebih unggul dibandingkan dengan keterlambatan yang tidak dapat dihindari pada bukti cetak dan buku teks. Selain itu, penggunaan teknologi interaktif *online* seperti forum atau media sosial memungkinkan kemajuan tersebut untuk didiskusikan dan diperdebatkan di seluruh lanskap medis dan di seluruh dunia. Pertukaran ide dan diskusi ini dapat menghasilkan banyak informasi berharga dan peluang belajar bagi pengguna. [3]

### **Aplikasi Pembelajaran *Blended* dalam Pendidikan Bedah**

Media *online* (dihantarkan melalui internet) yang mencakup forum diskusi, video interaktif *flash*, Pasien Virtual, halaman statis, dan kuis akan digunakan untuk mempelajari keterampilan klinis selama waktu yang sama. Ini dikenal sebagai *blended learning* (BL). Istilah *blended*, *hybrid*, dan teknologi-*enhanced learning* sering digunakan secara sinonim. Gaya pengajaran klinis yang terintegrasi mungkin

memiliki keuntungan dalam menangani beberapa kompleksitas dan perbedaan yang melekat dalam jenis pendidikan ini. Pendekatan terintegrasi menggabungkan instruksi *online* dan tatap muka untuk mendukung interaksi yang bermakna antara pengajar, pelajar, dan konten pembelajaran. BL memiliki potensi untuk memastikan bahwa setiap siswa memiliki pengalaman pembelajaran yang terstandarisasi dalam konteks ini. [4]

Jawaid et al. [4] melakukan studi yang bertujuan untuk membandingkan motivasi intrinsik antara mahasiswa bedah yang terlibat dalam BL dan mereka yang mengikuti pengajaran tatap muka (f2f). Dilakukan di Rumah Sakit Universitas Dow dari Maret hingga Agustus 2014, studi kuasi-eksperimental dengan desain silang ini melibatkan 31 mahasiswa yang mengalami kedua metode pengajaran tersebut. Awalnya, Grup A mengikuti pengajaran f2f dan Grup B mengikuti BL, dengan kedua kelompok mempelajari konten dan jadwal yang sama. Setelah empat minggu, kedua kelompok dipertukarkan dan terpapar metode pengajaran yang berbeda. Hasil Inventori Motivasi Intrinsik (IMI) menunjukkan bahwa mahasiswa di grup BL secara signifikan lebih termotivasi dibandingkan dengan mereka di grup f2f, terutama dalam tiga subskala, dan mengalami ketegangan yang lebih rendah. Studi ini menyimpulkan bahwa blended learning meningkatkan motivasi intrinsik dan peluang pendidikan, serta dapat memperbaiki efektivitas dan efisiensi fakultas. [4]

### **Aplikasi Pembelajaran Berbasis Game dalam Pendidikan Bedah**

Video game telah menjadi bagian mendalam dari budaya populer, dan bukti anekdot menunjukkan bahwa mereka dapat meningkatkan keterampilan bedah laparoskopi. Rosser et al. [5] mengeksplorasi hubungan antara permainan video dan kinerja laparoskopi dengan menganalisis residen bedah dan dokter yang berpartisipasi dalam Program Keterampilan dan Menjahit Laparoskopik *Rosser Top Gun*. Studi ini melibatkan 33 peserta yang melakukan tiga latihan video game dan mengisi survei tentang pengalaman video game dan pelatihan bedah mereka. Hasilnya menunjukkan bahwa mereka yang bermain video game lebih dari 3 jam per minggu membuat

kesalahan 37% lebih sedikit dan menyelesaikan tugas 27% lebih cepat, dengan skor *Top Gun* keseluruhan 33% lebih baik. Pemain video game saat ini juga menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal kecepatan, akurasi, dan skor keseluruhan dibandingkan dengan non-pemain. Keterampilan video game yang tinggi dikaitkan dengan kesalahan yang jauh lebih sedikit dan kinerja yang lebih cepat. Studi ini menyimpulkan bahwa keterampilan video game berkorelasi positif dengan keterampilan bedah laparoskopi, menunjukkan bahwa memasukkan video game ke dalam kurikulum pelatihan bisa bermanfaat untuk mengembangkan kecakapan bedah. [5]

### **Aplikasi Pembelajaran Realitas Virtual dan Augmented dalam Pendidikan Bedah**

Pelatihan dan pendidikan bedah sangat diuntungkan dari simulasi realitas virtual (*virtual reality / VR*), yang menawarkan lingkungan aman untuk mempraktikkan keterampilan bedah tanpa membahayakan pasien atau menggunakan sumber daya yang berlebihan. Namun, VR saja tidak dapat menyediakan umpan balik taktil yang penting dalam bedah. Realitas tertambah (*augmented reality / AR*) menjadi alternatif dengan menggabungkan informasi digital dengan dunia fisik, sehingga menggabungkan manfaat pelatihan taktil tradisional dengan fitur imersif VR. Realitas campuran (*mixed reality / MR*), teknologi yang lebih baru, memperluas AR dengan memungkinkan interaksi waktu nyata antara elemen digital dan fisik, meskipun MR kurang terdefinisi dan lebih canggih dibandingkan AR dan VR. Untuk studi ini, AR dipilih karena status MR yang masih berkembang dan kompleksitasnya. [6] Dalam sistematik review yang dilakukan oleh Suresh et al. [6] menyatakan bahwa realitas tertambah dalam pendidikan bedah terbukti layak dan efektif sebagai pelengkap pelatihan tradisional. *Microsoft HoloLens* menunjukkan hasil yang paling menjanjikan di seluruh parameter dan menghasilkan peningkatan ukuran kinerja pada pelatihan bedah. Untuk model simulator lainnya, diperlukan penelitian lebih lanjut dengan desain studi yang lebih kuat untuk memvalidasi penggunaan AR dalam pelatihan bedah. [6]

## **Masa Depan Pembelajaran Jarak Jauh dalam Pendidikan Bedah**

Kemajuan teknologi memungkinkan program *e-learning* untuk menjadi sangat interaktif dan imersif, baik itu melibatkan model interaktif atau desain tanya jawab dalam proses akuisisi pengetahuan, maupun model pasien virtual yang lebih canggih. Dalam desain yang terakhir, peserta pelatihan berhadapan langsung dengan lingkungan klinis interaktif dan melalui berbagai skenario sambil membuat keputusan klinis dan pilihan yang relevan. Yang penting, peserta pelatihan dan pasien virtual mereka harus menghadapi (atau tidak) keputusan mereka dan menerima umpan balik mengenai pilihan yang telah mereka buat. Lingkungan yang aman ini memungkinkan kesalahan dilakukan saat peserta pelatihan bereksperimen dengan pemahaman mereka tentang pengetahuan dan bukti yang tersedia mengenai suatu topik, sambil tetap relevan dan realistis secara klinis. Model interaktif ini dapat dibuat sederhana dengan teks pada halaman atau dengan avatar berkualitas tinggi yang berkomunikasi langsung dengan pelajar. Teknologi realitas virtual juga berkembang pesat, dan lingkungan realitas virtual yang lebih terjangkau dan realistis semakin tersedia. Ini pada akhirnya akan memungkinkan peserta pelatihan untuk memasuki klinik, ruang gawat darurat, bangsal, atau ruang operasi dan membuat keputusan serta melakukan tugas yang relevan. Meskipun kemajuan teknologi ini menarik, mereka tidak boleh menjadi kekuatan pendorong utama dalam pengembangan alat ini. Sebaliknya, kebutuhan pendidikan dan bukti kritis dari keberhasilannya harus mendorong pengembangan dan pengenalan mereka dalam pelatihan bedah sebagai bagian dari program pembelajaran yang dipadukan. [3]

## **Kesimpulan**

Tulisan ini menyoroti berbagai inovasi teknologi yang telah merevolusi metode pembelajaran dalam bidang ilmu bedah. Pembelajaran *online* dan *blended learning* menawarkan fleksibilitas dan aksesibilitas, memungkinkan mahasiswa untuk belajar secara mandiri dan berinteraksi dengan dosen secara efektif. Sementara itu, pembelajaran berbasis *game* memberikan pendekatan interaktif yang meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa. Inovasi seperti *realitas virtual* (VR) dan *augmented reality* (AR) memberikan

pengalaman simulasi yang mendalam, memungkinkan mahasiswa untuk berlatih teknik bedah dalam lingkungan yang aman dan terkontrol. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga keterampilan praktis yang krusial dalam dunia medis. Secara keseluruhan, penggunaan teknologi dalam pembelajaran ilmu bedah membuka peluang baru untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan mempersiapkan tenaga medis yang lebih kompeten. Implementasi yang tepat dari metode ini diharapkan dapat mempercepat proses pembelajaran dan meningkatkan hasil pendidikan dalam bidang yang sangat memerlukan keahlian praktis ini.

### **Referensi**

- [1] Mehta V, Oppenheim R, Wooster M. Distance Learning in Surgical Education. *Curr Surg Rep* 2021;9. <https://doi.org/10.1007/s40137-021-00300-x>.
- [2] Co M, Cheung KYC, Cheung WS, Fok HM, Fong KH, Kwok OY, et al. Distance education for anatomy and surgical training - A systematic review. *Surgeon* 2022;20:e195–205. <https://doi.org/10.1016/j.surge.2021.08.001>.
- [3] Bamford R, Coulston J. Effective *e-learning* in surgical education: the core values underpinning effective *e-learning* environments and how these may be enhanced for future surgical education. *Ecancermedicalsecience* 2016;10:ed53. <https://doi.org/10.3332/ecancer.2016.ed53>.
- [4] Jawaid M, Masood Z, Imran N. Intrinsic motivation between face-to-face and blended learning in surgical clinical education. *Pak J Med Sci Q* 2024;40:913–7. <https://doi.org/10.12669/pjms.40.5.1048>.
- [5] Rosser JC Jr, Lynch PJ, Cuddihy L, Gentile DA, Klonsky J, Merrell R. The impact of video games on training surgeons in the 21st century. *Arch Surg* 2007;142:181–6; discussion 186. <https://doi.org/10.1001/archsurg.142.2.181>.
- [6] Suresh D, Aydin A, James S, Ahmed K, Dasgupta P. The role of augmented reality in surgical training: A systematic review. *Surg Innov* 2023;30:366–82. <https://doi.org/10.1177/15533506221140506>.

## **Biodata**



Nama : Prof. Dr. dr. Syah Mirsya Warli, SpU(K)  
Institusi : Fakultas Kedokteran USU / RS USU  
Alamat : Jl. Sei Batang Hari 51 Medan

### **Riwayat Pendidikan :**

- 1991 : Fak. Kedokteran USU, Medan
- 2002 : Pendidikan Spesialisasi Bedah Urologi Fak. Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta
- 2017 : Pendidikan Doktor Fakultas Kedokteran USU
- 2017 : Konsultan Uro-Onkologi

### **Pekerjaan :**

- Dosen Fakultas Kedokteran USU
- Ketua divisi Urologi Departemen Ilmu Bedah FK USU
- Guru Besar Tetap Ilmu Urologi Fakultas Kedokteran USU

# **Model Inovasi Pembelajaran Hukum Sebagai Upaya Dalam Mengoptimalkan Digitalisasi Pendidikan**

**Rosnidar Sembiring**

## **Pendahuluan**

Perkembangan zaman yang terus berjalan akan menyebabkan serangkaian perubahan di berbagai sektor kehidupan. Khususnya di sektor pendidikan, pesatnya laju teknologi sebagai wujud dari tuntutan globalisasi dan perkembangan zaman, akan sangat mempengaruhi proses maupun *output* dari pembelajaran. Situasi dan kondisi yang terjadi juga seakan memaksa munculnya perubahan-perubahan tersebut. Negara yang dihadapkan pada suatu fenomena darurat akan menyesuaikan diri melalui perubahan-perubahan aturan dan kebiasaan, seperti halnya pada masa pandemi COVID-19. Situasi darurat yang menyerang dunia khususnya Indonesia dalam beberapa waktu yang lalu ini, telah membawa berbagai macam perubahan bagi seluruh kalangan. Salah satu perubahan yang paling mendasar dan sangat dapat dirasakan adalah perubahan proses pembelajaran, mulai dari tingkat dasar hingga jenjang perkuliahan. Perguruan tinggi pun secara adaptif menerapkan beberapa kebijakan yang sifatnya mengalihkan seluruh kegiatan yang biasanya dilakukan secara *offline* menjadi dalam jaringan.

Dunia pendidikan hukum pun turut ikut terdampak. Masyarakat dan kehidupan nyata yang seharusnya menjadi laboratorium civitas akademika hukum sehari-hari, terpaksa beralih pada interaksi yang serba virtual. Seluruh masyarakat mau tidak mau, suka tidak suka harus mampu menyesuaikan diri dalam masa transisi tersebut. Digitalisasi dan pendayagunaan teknologi dalam pendidikan pada hakikatnya sudah banyak dilakukan di berbagai negara. Hanya saja, Indonesia pada saat sebelum pandemi COVID-19 masih cenderung optimal melakukannya. (1) Indonesia dinilai mulai baik dalam memaksimalkan pemanfaatan teknologi dan digitalisasi pendidikan pasca pandemi COVID-19. Bidang

penegakan hukum misalnya yang ditandai dengan adanya *electronic court (e-court)*, yaitu persidangan secara elektronik.(2) Apabila dipandang lebih jauh, sistem seperti ini akan berpengaruh pada dunia profesional hukum dan tentunya merambah pula hingga ke dunia pendidikan hukum. Hal ini dikarenakan perguruan tinggi yang akan melahirkan profesional-profesional dan akademisi hukum haruslah sudah membekali lulusannya dengan kemampuan digital yang baik.

Digitalisasi dalam konteks pendidikan dapat dikatakan sebagai bentuk kemampuan dalam mengubah serangkaian proses pendidikan ke dalam beragam varian digital. Adanya digitalisasi pendidikan ini dapat dijadikan sebagai sarana untuk menghadapi berbagai tantangan pendidikan di masa yang akan datang.(3) Terutama pada masa sekarang ini yang merupakan masa transisi revolusi industri 4.0 menuju revolusi industri 5.0. Apabila berkaca pada sejarahnya, revolusi industri bermula dari Revolusi Industri 1.0 yang terjadi pada abad ke-18 melalui penemuan mesin uap, sehingga memungkinkan barang dapat diproduksi secara massal. Revolusi Industri 2.0 selanjutnya terjadi pada abad ke 19-20 melalui penggunaan listrik yang membuat biaya produksi menjadi murah. Revolusi Industri 3.0 kemudian yang terjadi pada sekitar tahun 1970an melalui penggunaan komputerisasi, dan berkembanglah pada Revolusi Industri 4.0 sendiri yang terjadi pada sekitar tahun 2010an melalui rekayasa *inteligensia* dan *internet of thing* sebagai tulang punggung.(4)

Kehadiran era ini memang patut diamini mempunyai manfaat, akan tetapi bukan berarti tidak memberikan dampak negatif seperti tergerusnya nilai-nilai kemanusiaan. Kecerdasan buatan atau yang biasa disebut dengan *artificial intellegent (AI)* di satu sisi kelahirannya akan menjadi tantangan dan problematika sendiri khususnya pada bidang hukum. Pertanyaan kemudian akan timbul ketika kecerdasan buatan atau AI ini telah mampu memberikan pertolongan serta jawaban dalam setiap permasalahan hukum dengan cepat, tepat, akurat, praktis, dan cenderung lebih murah, maka apakah dunia hukum akan memasuki dunia pasca-manusia? Sebab khalayak cenderung akan lebih memilih mana yang mempunyai efisiensi biaya daripada harus menggunakan jasa

hukum seperti advokat.(5)

Hal inilah yang kemudian menjadi dasar munculnya konsep baru yang dipelopori oleh ilmuwan Jepang, yaitu konsep masyarakat 5.0 (*society era*). Hal ini kemudian berarti bahwa wacana pendidikan menuju 5.0 dikarenakan era 4.0 yang mengusung digitalisasi yang lebih mengutamakan teknologi informasi sebagai paradigma baru, sehingga berakibat kepada mulai tergantikannya peran manusia.(6) Dosen sebagai sumber daya utama perguruan tinggi, tentu mempunyai peran penting dalam menghadapi kondisi dan tantangan ini. Apabila merujuk pada definisi dosen yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen, dosen merupakan pendidik profesional dan ilmuwan dengan tugas utama mentransformasikan, mengembangkan, dan menyebarkan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni melalui pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Unsur "menyebarkan ilmu pengetahuan, teknologi" dalam pasal tersebut mengandung makna tersendiri yang mencerminkan tugas dan tanggung jawab dosen yang harus peka dan beradaptasi dalam digitalisasi pendidikan. Konsep Revolusi Industri 5.0 yang saat ini hendak dicapai, tentunya membutuhkan sumber daya manusia yang berkualitas sebagai pengisinya, sebab yang menjadi lawan saat ini bukan hanya sesama manusia, melainkan teknologi yang seakan bernyawa.

Oleh sebab itu, pendidikan hukum yang sifatnya konvensional menjadi tidak akan lagi relevan untuk dilaksanakan. Hal yang kemudian menjadi urgensi untuk dilakukan kajian dan terobosan adalah bahwa perlu adanya serangkaian inovasi pembelajaran hukum yang memadai untuk dapat diterapkan pada tataran perguruan tinggi guna mengoptimalkan digitalisasi pendidikan yang mampu bersaing dan menyesuaikan diri dengan pesatnya perkembangan teknologi.

## **Permasalahan**

Berangkat dari latar belakang yang telah diuraikan, tentu timbul pertanyaan yang kemudian menjadi masalah yang harus dipecahkan. Masalah-masalah yang dimaksud berkaitan dengan bagaimanakah model inovasi pembelajaran hukum yang dinilai

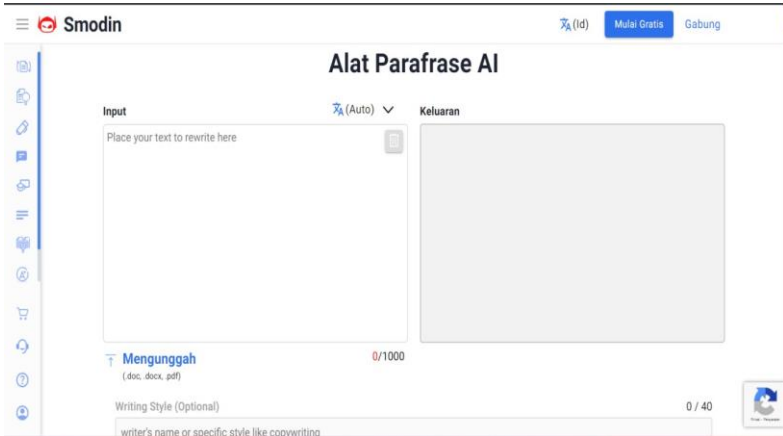
mampu mengoptimalkan digitalisasi pendidikan? Bagaimana strateginya dan bagaimana pula proses dalam hal pengimplementasiannya?

### **Strategi Pemecahan Masalah**

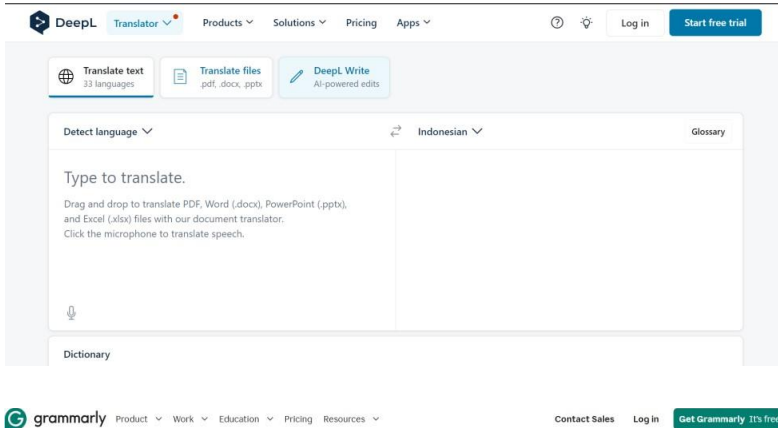
Guna menjawab permasalahan yang muncul dari uraian latar belakang sebelumnya, maka perlu disajikan beberapa strategi pemecahan masalah terkait, yaitu sebagai berikut:

#### **1. Model Pembelajaran Hukum Berbasis *Artificial Intellegent (AI)***

Maraknya penggunaan dari kecerdasan buatan atau *artificial intelligent (AI)* membuat lingkup akademik mau tidak mau juga harus turut di dalamnya. Kecanggihan luar biasa yang disajikan AI memang dapat mengancam posisi-posisi strategis yang diisi oleh manusia selama ini, khususnya di bidang hukum. Akan tetapi, bukan berarti dunia pembelajaran hukum boleh menutup mata akan AI itu sendiri. Kecerdasan buatan atau AI di satu sisi justru dapat digunakan dalam mempercepat serta mempermudah proses pembelajaran hukum dalam mewujudkan digitalisasi pendidikan. Keperluan publikasi misalnya, banyak layanan yang dikembangkan menggunakan AI yang dapat digunakan dalam menghasilkan tulisan-tulisan berkualitas seperti *Smodin*: membantu dalam hal parafrase kalimat, *Deeply*, *Grammarly*: membantu menerjemahkan bahasa atau memuat tulisan ke dalam suatu bahasa tertentu secara akurat, *Gemini*: membantu merangkum hasil penelusuran menjadi lebih mudah dipahami dan masih banyak AI lainnya. Tersedia pula layanan AI lainnya yang sifatnya juga dapat membantu memberikan referensi-referensi pemecahan permasalahan hukum yang ingin dikaji lebih lanjut.



Gambar 1. Tampilan AI Smodin yang berguna membantu proses parafrase kalimat



## AI Writing Assistance That Moves Work Forward

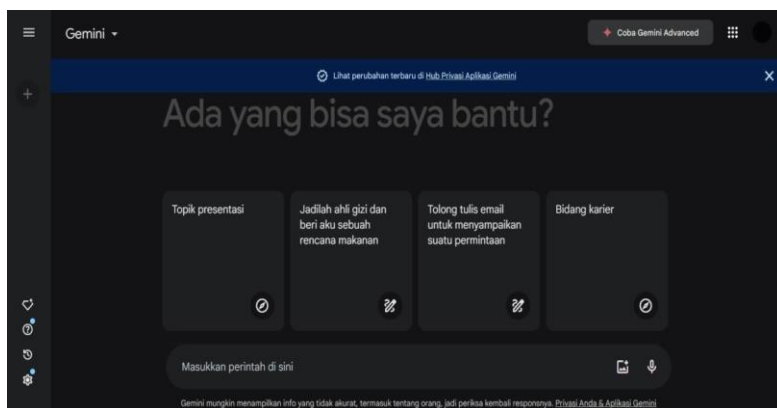
Achieve more every day with AI built by writing experts. Grammarly helps you brainstorm, write, and revise with ease, saving you time on the work you need to get done.

[Sign up](#) It's free →

 [Sign up with Google](#)

By signing up, you agree to the [Terms and Conditions](#) and [Privacy Policy](#).  
California residents, see our [CA Privacy Notice](#).

Gambar 2. Tampilan AI DeepL dan Grammarly yang berguna membantu proses terjemahan bahasa yang akurat



*Gambar 3.* Tampilan AI Gemini yang berguna membantu proses penelusuran materi dengan rangkuman yang mudah dipahami

*Artificial Intellegent (AI)* dalam perkembangannya terhadap dunia pendidikan di Indonesia telah membawa dampak positif. Penggunaan AI memberikan manfaat berupa bantuan pemerataan pendidikan, sehingga mahasiswa yang berada di daerah terpencil sekalipun masih mendapatkan kesempatan yang sama dengan yang berada di kota dalam hal pendidikan hukum yang berkualitas. Oleh karena itu, AI boleh pula dikatakan sebagai alat yang dapat menunjang pemerataan pendidikan di Indonesia yang berbasis digitalisasi.(7) Pertanyaan yang menjadi sebuah paradoks memang ketika dikatakan AI dapat menjadi sarana pemerataan pendidikan, apakah dengan AI digitalisasi pendidikan dapat berjalan lancar atau justru AI membutuhkan digitalisasi pendidikan terlebih dahulu? Kajian terkait dengan model pembelajaran berbasis AI ini tentunya menjadi sebuah pekerjaan rumah yang besar dan perlu untuk ditindaklanjuti. Hal yang cukup baik untuk dijadikan dasar adalah dengan melihat proses penerapan pembelajaran hukum berbasis AI yang sudah berhasil dilakukan di luar negeri, terutama dalam negeri.

Pembelajaran dalam pendidikan hukum di era AI ini harus mampu memberikan wajah dan warna yang baru, yaitu tetap berkomitmen dalam merespon digitalisasi dan

globalisasi, namun tidak bergantung sepenuhnya dan tidak pula melupakan nilai kearifan dari hukum itu sendiri.(8) Penggunaan AI dalam proses pembelajaran hukum telah dipraktikkan oleh beberapa universitas luar negeri, seperti halnya Osgoode Hall Law School – York University yang mengizinkan mahasiswanya untuk menggunakan AI dalam proses pengerjaan tugas bahkan ketika ujian. Izin ini dilegitimasi melalui suatu pernyataan khusus yang berjudul “*Special Statement on the use of AI Technology for Academic Work*” dengan persyaratan penggunaan AI harus didasari perintah secara eksplisit oleh dosen pengampu mata kuliah. University of Chile juga senantiasa telah melibatkan AI dalam proses pembelajaran hukum. Mahasiswa akan diberikan tugas untuk membuat 2 (dua) buah esai dengan satu topik yang sama, namun melalui 2 (dua) metode pengerjaan yang berbeda. Pengerjaan yang satu harus dilakukan secara mandiri dan yang satunya menggunakan bantuan AI. Hasil dari kedua tugas esai tersebut nantinya juga menjadi suatu gambaran bagaimana perbandingan hasil tulisan yang berasal dari buah fikir manusia dengan hasil dari program kecerdasan buatan (AI). (9)

Model pembelajaran hukum berbasis AI lainnya dapat dilakukan melalui pengembangan aplikasi. Haerani dkk dari Universitas Sembilan belas November Kolaka telah melakukan penelitian tentang pengembangan aplikasi pembelajaran hukum ekonomi berbasis AI dan dinyatakan berhasil. Aplikasi ini secara signifikan dinilai mampu menghadirkan suasana interaktif dan adaptif. Pengujian yang dilakukan terhadap aplikasi tersebut juga menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan pemahaman mahasiswa terhadap hukum ekonomi.(10)

## **2. Model Pembelajaran Hukum Menggunakan Konten Edukasi dan *Platform* Hukum di Media Sosial**

Pembelajaran digital merupakan pendekatan modern dalam pendidikan yang memanfaatkan teknologi

untuk menyajikan berbagai jenis materi dalam format digital. Konsep pembelajaran digital ini memuat konten pembelajaran digital yang dirancang untuk membantu siswa memahami materi yang akan dipelajari dengan lebih efektif. Menurut Prof. Dr. Munir dalam bukunya yang berjudul *Pembelajaran Digital*, definisi pembelajaran digital mencakup sistem yang memungkinkan pengguna untuk belajar secara lebih luas, lebih banyak, dan lebih bervariasi. Adanya teknologi informasi dan komunikasi (TIK), pembelajaran dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja, tanpa terhalang oleh batasan jarak atau waktu. Fleksibilitas merupakan salah satu wujud keuntungan yang akan didapat dari adanya pembelajaran digital. Materi pembelajaran tidak hanya disajikan dalam bentuk lisan atau verbal, tetapi juga dalam berbagai format seperti teks, visual, audio, dan gerak. Hal ini memungkinkan siswa untuk memilih cara belajar yang paling sesuai dengan gaya belajar mereka. Pembelajaran digital juga mendorong interaksi antara pengajar dan siswa melalui berbagai *platform* teknologi, seperti komputer, smartphone, dan aplikasi pendidikan. Interaksi ini sangat penting untuk menciptakan lingkungan belajar yang dinamis dan menarik.(11)

Penggunaan teknologi informasi (TI) memiliki posisi strategis yang sangat penting dalam berbagai sektor, termasuk bisnis, pendidikan, dan kesehatan. Konteks bisnis, TI berfungsi sebagai alat untuk meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing perusahaan, yaitu dengan mengintegrasikan sistem informasi yang efektif, perusahaan dapat mengelola data dan informasi secara lebih baik, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat. Strategi TI yang baik dapat membantu perusahaan memanfaatkan sumber daya yang terbatas dengan optimal, meningkatkan profitabilitas, serta mencegah terjadinya investasi berlebihan atau kekurangan dalam bidang teknologi. Bidang pendidikan, TI telah mengubah cara penyampaian materi dan interaksi

antara pengajar dan siswa. Penggunaan *platform e-learning* dan alat multimedia memungkinkan akses pendidikan yang lebih luas dan fleksibel. Hal ini sangat relevan di era digital saat ini, di mana pembelajaran jarak jauh menjadi semakin umum. Adanya teknologi informasi, siswa dapat mengakses sumberbelajar dari mana saja dan kapan saja, sehingga mempercepat proses transfer pengetahuan dan meningkatkan kualitas pendidikan secara keseluruhan.

Sektor kesehatan, TI berperan penting dalam manajemen data pasien dan pelayanan kesehatan. Sistem informasi kesehatan yang terintegrasi juga memungkinkan pengelolaan riwayat medis pasien secara efisien, mempercepat proses administrasi rumah sakit, serta meningkatkan akurasi dalam pelayanan. Melalui pemanfaatan teknologi informasi, institusi kesehatan dapat memberikan layanan yang lebih baik kepada pasien dan mengurangi kesalahan yang mungkin terjadi akibat pengolahan data manual. Penggunaan teknologi informasi di bidang kesehatan ini juga sangat terasa dampaknya saat pandemi COVID-19 yang lalu. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan Badan Pusat Statistik (BPS) pada periode 7-14 September 2020 tentang Perilaku Masyarakat di Masa Pandemi COVID- 19, media sosial juga berada pada urutan pertama sebagai media terpopuler untuk responden survei memperoleh informasi mengenai protokol kesehatan dan pentingnya mencegah penyebaran COVID-19.(12) Data ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi, khususnya media sosial, memainkan peran krusial dalam edukasi masyarakat di masa pandemi. Media sosial mempunyai kemampuan untuk menyebarkan informasi secara cepat dan luas. Media sosial juga dapat memfasilitasi masyarakat untuk lebih memahami dan menerapkan langkah-langkah pencegahan yang diperlukan untuk menjaga kesehatan.

Sejak dimulainya pandemi, anak muda, terutama mahasiswa, semakin akrab dengan penggunaan media

sosial. Banyak institusi pendidikan yang beralih ke pembelajaran online, yang menuntut setiap peserta didik untuk memiliki setidaknya satu akun media sosial, seperti WhatsApp. Hal ini tidak hanya mempermudah komunikasi antara pengajar dan siswa, tetapi juga menciptakan ruang bagi siswa untuk saling berbagi informasi terkait kesehatan dan keselamatan selama pandemi. Situasi ini menunjukkan bahwa media sosial telah menjadi bagian integral dari kehidupan sehari-hari mahasiswa dalam menjalani proses belajar mengajar di era digital. Hal ini menunjukkan suatu keadaan dimana melalui edukasi dan penyebaran informasi berbasis teknologi seperti media sosial ini akan lebih mudah dan cepat untuk mendapat perhatian dari masyarakat. Sejak adanya pandemi COVID-19 tentunya menjadikan anak muda terutama juga mahasiswa menjadi jauh lebih akrab dengan media sosial. Berbagai rutinitas pendidikan yang dilakukan secara *online*, bahkan mewajibkan setiap peserta didik untuk memiliki minimal 1 (satu) media sosial, contohnya seperti *Whatsapp*. Situasi tersebut pun tentunya masih berlanjut hingga saat ini.(13)

Menurut data yang dilansir dari *Global Digital Insight*, terdapat sekitar 139 juta pengguna aktif media sosial di Indonesia per Januari 2024.(14) Peluang dan posisi strategis tersebut menjadikan media sosial dapat digunakan sebagai wadah percepatan proses pembelajaran hukum dan digitalisasi pendidikan. Apabila dilihat pada praktiknya pun, rasa-rasanya mahasiswa paling tidak pasti mempunyai sedikitnya 1 (satu) atau 2 (dua) media sosial. Kaplan dan Andreas dalam Yuni Ftriani “Pemanfaatan Media Sosial Sebagai Media Penyajian Konten Edukasi atau Pembelajaran” yang dikutip dari buku seri Literasi Digital Direktorat Jenderal Informasi dan Komunikasi Kementerian Komunikasi dan Informatika RI mengklasifikasikan media sosial ke dalam beberapa jenis, yaitu:

- a. *Collaborative Projects* atau Proyek Kolaborasi, yaitu jenis media sosial yang memberikan ruang dan

- kebebasan bagi para penggunanya secara bersama-sama membuat dan/atau menambah maupun memperbarui konten media sosial tersebut. Jenis media sosial seperti ini contohnya adalah Wikipedia;
- b. *Blog* dan *Microblog*, satu diantara media sosial yang menjadi bentuk awal atau cikal bakal dari perkembangan media sosial itu sendiri. Melalui *blog* dan *microblog* ini biasanya para penggunanya akan membuat konten berupa tulisan yang beranekaragam sifatnya, biasanya juga memuat kronologi-kronologi tertentu dari si penulis/pengguna;
  - c. *Content Communities* atau Komunitas Konten, merupakan media sosial yang memungkinkan para penggunanya untuk dapat membagikan konten dengan bermacam bentuk baik audio, visual ataupun audiovisual seperti halnya foto, video, audio dan lain-lain. *Content Communities* ini merupakan jenis media sosial yang cenderung banyak dikenal dan digunakan saat ini seperti YouTube, Instagram, dan TikTok;
  - d. *Social Networking Sites* atau Situs Jejaring Sosial, adalah media sosial yang menyediakan akses untuk para penggunanya saling berinteraksi atau berkomunikasi satu dengan lainnya. Penggunaanya akan diberikan ruang untuk dapat membuat akun profil yang berisikan informasi pribadi dari pengguna tersebut kemudian mengundang pengguna lainnya untuk dapat menjadi teman dan mengakses profil tersebut sehingga nantinya dapat bertukar pesan melalui media sosial tersebut. Media sosial seperti ini misalnya adalah Whatsapp, Facebook;
  - e. *Virtual Game Worlds*, jenis media sosial ini pada dasarnya adalah permainan atau *game*, namun di dalamnya terdapat replikasi dunia dalam tiga dimensi atau 3D dan memungkinkan penggunaanya untuk saling berinteraksi dalam dunia *game* berbentuk tiga dimensi atau 3D tersebut melalui wujud avatar-avatars

tertentu sehingga selayaknya ketika berada di dunia nyata, contohnya seperti *FreeFire*, *Mobile Legend*, dan *PUBG*;

- f. *Virtual Social Words*, yaitu media sosial dalam wujud dunia dalam virtual yang didalamnya memungkinkan para pengguna untuk dapat berinteraksi bebas seperti halnya kehidupan nyata. *Virtual Social Words* ini contohnya seperti *Second Life*.

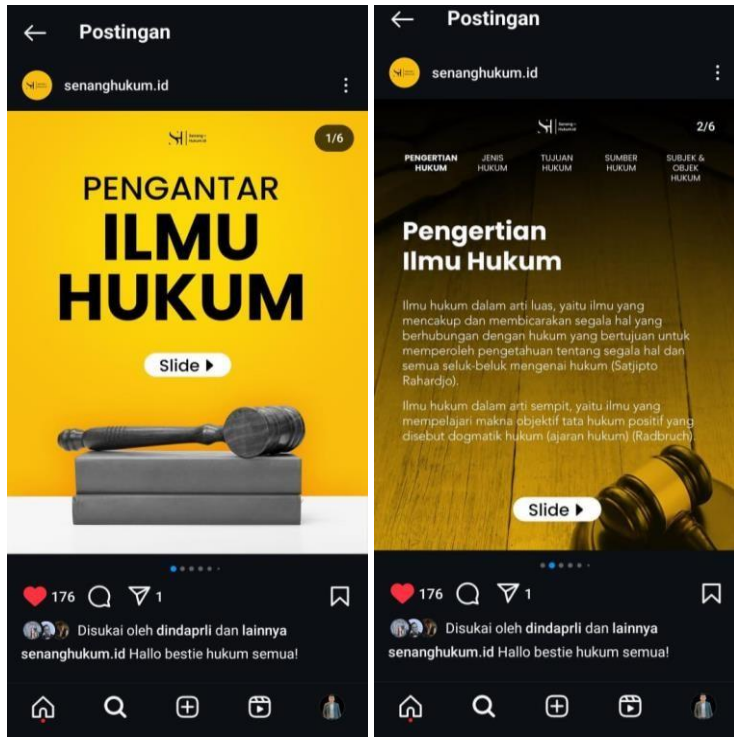
Perkembangan zaman yang semakin pesat, mengakibatkan penggunaan teknologi informasi (TI) dalam bidang hukum telah menjadi sebuah keharusan yang tidak bisa diabaikan. TI tidak hanya mempermudah proses penyusunan dan pengelolaan perundang-undangan, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam setiap langkahnya. Bayangkan sebuah dunia di mana perangkat lunak khusus membantu para legislator menyusun produk hukum dengan lebih cepat dan tepat. Meskipun di Indonesia penggunaan teknologi ini masih dalam tahap awal, beberapa kementerian telah mulai mengadopsi sistem digital untuk mendukung penyusunan perundang-undangan mereka. Era digital saat ini, pembelajaran hukum berbasis teknologi informasi pun akhirnya menjadi suatu keharusan yang tidak dapat diabaikan. Kemajuan teknologi yang pesat memuat proses belajar mengajar di bidang hukum kini dapat dilakukan secara daring, memberikan akses yang lebih luas bagi mahasiswa dan masyarakat umum untuk memahami hukum. Pembelajaran ini tidak hanya mencakup teori dan praktik hukum, tetapi juga memperkenalkan konsep-konsep baru seperti cyber law dan perlindungan data pribadi. Dalam konteks ini, teknologi informasi berfungsi sebagai jembatan untuk menjangkau informasi hukum yang mungkin sulit diakses sebelumnya, terutama di daerah-daerah terpencil. Posisi strategis ini yang kemudian menjadi suatu peluang dan tantangan tersendiri untuk mengkreasikan metode pembelajaran hukum, dimana dalam hal ini melalui konten edukasi dan *platform* hukum.

Konten edukasi dan *platform* hukum ini adalah konten atau wadah yang isinya dapat berupa *audio podcast*, film pendek, video kreatif, poster hingga film dokumenter, dimana keseluruhan konten tersebut berisi segala sesuatu yang berkaitan dengan materi pembelajaran hukum yang dikemas menarik sehingga menimbulkan ketertarikan dan mudah untuk dipahami. Mahasiswa yang umumnya merupakan generasi muda dengan sejuta ide dan kreasi, juga dinilai mumpuni dalam mengemas konten-konten ini sehingga dapat menjadi tren yang viral di masyarakat nantinya. Pembelajaran hukum berbasis teknologi informasi melalui konten edukasi dan platform hukum hadir menjadi sebuah inovasi yang sangat berarti. Kehadiran berbagai platform digital, mahasiswa dan masyarakat umum juga akan memunculkan kesempatan untuk memiliki akses yang lebih luas terhadap sumber daya hukum.<sup>(15)</sup> Contohnya, *Law Online Corner* di Fakultas Hukum Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya menyediakan akses ke database hukum, perpustakaan digital, dan forum diskusi yang memungkinkan interaksi antara mahasiswa dan dosen. Inisiatif ini tidak hanya memperkaya pengalaman belajar, tetapi juga mendukung kolaborasi dalam penelitian hukum yang relevan dengan tantangan zaman. Kehadiran platform seperti *Hukumonline* juga menandai transformasi dalam cara orang belajar hukum. Melalui kursus online yang ditawarkan, pengguna dapat memilih topik sesuai minat dan

kebutuhan mereka, belajar kapan saja dan di mana saja. Jika ingin melihat gambaran peluang dan tantangan dari model inovasi pembelajaran hukum seperti ini, maka dapat disajikan dalam tabel analisis SWOT sebagai berikut:

<i>Strength</i> (Kekuatan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pembelajaran hukum yang dikemas dan disampaikan secara menarik</li> <li>2. Wadah penyebaran yang sudah digunakan hampir semua orang dan kalangan</li> <li>3. Dapat digunakan kapanpun dan dimanapun</li> <li>4. Manfaat 3 in 1 bagi mahasiswa</li> </ol>
<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membutuhkan jaringan internet</li> <li>2. Penggunaan berlebihan dapat mengganggu dari sisi kesehatan</li> </ol>
<i>Opportunity</i> (Kesempatan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Banyak mahasiswa yang sudah mempunyai <i>gadget</i> sendiri</li> <li>2. Banyak mahasiswa yang sudah mempunyai media sosial sendiri</li> <li>3. Banyak mahasiswa yang sudah menyandang gelar <i>influencer</i></li> </ol>
<i>Threats</i> (Hambatan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kurangnya kesadaran akan pentingnya penyebaran konten bertemakan pahlawan di media sosial</li> <li>2. Komentar negatif warganet yang sembarangan</li> </ol>

Adapun konsep konten edukasi dan *platform* hukum secara garis besar dapat dilihat pada gambar berikut:



*Gambar 4. Contoh Konten Edukasi Hukum yang Disajikan dalam Platform Hukum  
Sumber: Platform Hukum Mahasiswa yang Diampu Penulis*



Gambar 5. Contoh Konten Edukasi Hukum yang Disajikan dalam Video Kreatif  
Sumber: Video Kreatif Mahasiswa yang Diampu Penulis

Mahasiswa yang sudah menyandang gelar *influencer* di media sosial seperti *selebgram*, *podcaster*, *Tiktoker*, ataupun *Youtuber* juga sangat diharapkan untuk dapat menyebarkan konten edukasi dan *platform* pembelajaran hukum ini, sehingga mahasiswa lainnya yang juga menggunakan media sosial dapat lebih tertarik dan paham akan pembelajaran hukum. Konten positif seperti ini ketika diperbanyak, maka secara perlahan juga dianggap dapat menyingkirkan berbagai konten negatif yang ada sebelumnya. Sifat fleksibel dari konten edukasi dan *platform* hukum di media sosial pun menjadi akses yang mudah untuk dapat melaksanakan pembelajaran hukum tanpa harus terbatas tempat dan waktu.



Gambar 6. Ilustrasi Media Sosial dengan Masing-Masing Gelar *Influencer*-nya

### 3. Model Pembelajaran Hukum Berbasis Tridharma Perguruan Tinggi dengan Penerapan Teknologi

Tidak sekadar sebagai tempat pendidikan dan pengajaran, perguruan tinggi mempunyai 3 (tiga) fungsi dan tanggung jawab utama yang disebut dengan Tridharma Perguruan Tinggi. Tridharma Perguruan Tinggi tersebut meliputi pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Hal ini sebagaimana terkandung dalam Pasal 20 ayat 2 Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional jo. Pasal 1 angka 9 Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi. Lebih spesifik apabila merujuk kepada UU No. 12 Tahun 2012, disebutkan bahwa perguruan tinggi merupakan satuan pendidikan yang menyelenggarakan pendidikan tinggi. Pendidikan tinggi yang dimaksud disini merupakan jenjang pendidikan setelah pendidikan menengah yang mencakup program diploma, sarjana, magister, doktor, profesi, serta spesialis. Keberadaan perguruan tinggi sebagai salah satu subsistem pendidikan nasional, berperan penting terhadap kehidupan bangsa dan negara melalui penerapan Tridharma Perguruan Tinggi.(16) Perguruan tinggi berkewajiban memberikan pendidikan layak yang sesuai dengan kurikulum yang berlaku. (17)

Menjadi suatu kepastian bahwa dosen menjadi faktor kunci dalam menentukan keberhasilan peserta didik dalam proses belajarnya. Jika dosen tidak mampu melaksanakan tugas belajar mengajar secara optimal sebagaimana yang diharapkan pada kurikulum, maka hasil proses pendidikan tidak akan baik. Mengetahui keterlaksanaan tugas dosen, diperlukan penilaian kinerja dengan kriteriapenilaian yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, dan untuk melihat kinerja dosen, merujuk pada penilaian terhadap 3 (tiga) indikator utama yaitu pengajaran, penelitian, dan pengabdian atau Tridharma Perguruan Tinggi.(18) Posisi antara dosen dan mahasiswa pun saat ini bukan lagi terbatas hanya pada kasta yang jauh berbeda, melainkan bergeser pada pola *partnership* dalam proses pelaksanaan *transfer knowledge*-nya, sehingga dosen tidak akan kehilangan peran seiring dengan perkembangan teknologi dan perubahan metode pembelajarannya. Dosen juga harus mampus berperan sebagai penyampai nilai-nilai (*transfer of value*) karakter anak didik yang tentu saja tidak bisa tergantikan oleh mesin atau aplikasi robotik (Priatna, 2019). Mahasiswa yang saat ini diisi oleh sebagian besar generasi Z, cenderung lebih peka dan terbiasa dalam menghadapi proses digitalisasi yang terjadi. Mahasiswa dapat membantu kinerja dosen dalam menjalankan Tridharma Perguruan Tinggi dengan kemampuan eksplorasi ide dan digitalisasinya.

Bagi perguruan tinggi, digitalisasi pendidikan diharapkan mampu mewujudkan pendidikan cerdas melalui peningkatan dan pemerataan kualitas pendidikan, perluasan akses dan relevansi dalam mewujudkan kelas dunia. Interaksi pembelajaran yang dilakukan melalui *blended learning* (melalui kolaborasi), *project based-learning* (melalui publikasi), dan *flipped classroom* (melalui interaksi publik dan interaksi digital) menjadi sangat diperlukan dalam mencapai tujuan tersebut.(6) Tridharma Perguruan Tinggi berupa pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat saat ini dinilai perlu untuk

senantiasa melibatkan mahasiswa di dalamnya. Hal ini berarti bahwa bukan hanya dosen yang akan menjalankan Tridharma Perguruan Tinggi ini, melainkan mahasiswa sebagai bentuk pembelajaran juga. Mahasiswa biasanya cenderung lebih peka dan tanggap akan penerapan teknologi, sehingga hal ini dapat dikolaborasikan guna mewujudkan digitalisasi pendidikan yang optimal.

Strategi yang dapat dilakukan dalam mengoptimalkan pembelajaran berbasis Tridharma Perguruan Tinggi dengan penerapan teknologi pada intinya adalah dengan memaksimalkan seluruh faktor-faktor utama maupun pendukung yang dimiliki perguruan tinggi. Dosen sebagai faktor utama, mempunyai peranan penting dalam strategi ini. Apabila merujuk pada definisi dosen yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen, dosen merupakan pendidik profesional dan ilmuwan dengan tugas utama mentransformasikan, mengembangkan, dan menyebarkan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni melalui pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Pendidikan tinggi di era disrupsi harus mampu memiliki ataupun mempersiapkan dosen-dosen yang berkualitas, yang menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi, serta mempunyai kreatifitas, inovatif, adaptif, serta berkepribadian.<sup>(19)</sup> Sejalan dengan hal tersebut kualitas dari kinerja dosen dapat meningkat melalui dimensi Tri Dharma perguruan tinggi yang diturunkan melalui karakteristik penulisan jurnal (jumlah publikasi), inovasi pengajaran melalui manajemen pengetahuan, uji kompetensi melalui sertifikasi dosen, dan pengembangan forum pembelajaran secara bebas. Melalui kerjasama yang baik antara pimpinan dan dosen, perguruan tinggi di era disrupsi juga dapat menggunakan strategi dengan meningkatkan produktivitas riset dan pengabdian masyarakat berbasis inovasi agar terbentuk *Smart City* atau *Smart Campus* yang terkoneksi dengan teknologi digital. Konsep *smart campus* akan memudahkan layanan bagi

internal kampus terkait penyelenggaraan pendidikan, begitupula akan memberikan akses kemudahan bagi pihak eksternal yakni *stakeholder* maupun mitrakampus sehingga dapat saling terkoneksi. Melalui *smart campus* kegiatan Tri dharma Perguruan Tinggi yakni pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat berbasis digital sehingga akan memudahkan bagi semua pihak.(20)

Lebih jelasnya di bidang pendidikan, salah satu strategi mempersiapkan pembelajaran dengan basis Tridharma Perguruan Tinggi melalui penerapan teknologi adalah adanya kerja sama antara pimpinan, dosen, dan mahasiswa dalam melaksanakan kebijakan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM). MBKM ini selain sebagai bentuk kemerdekaan kampus untuk menyesuaikan diri terhadap relevansi perubahan zaman, juga merupakan bentuk pengembangan kemampuan mahasiswa. Diterapkannya kebijakan Merdeka Belajar ini diharapkan mampu menggali dan menerapkan ilmu pengetahuan secara lintas-disiplin, berkomunikasi dalam keanekaragaman sudut pandang, serta berkolaborasi dalam tim. Melalui MBKM, kampus diharapkan dapat memastikan para mahasiswa semakin mampu untuk berpikir analitik, kritis, sistematis/kompleks, serta berpikir *problem-solving* secara strategis. Strategi di bidang pendidikan lainnya yang dapat dilakukan adalah mengintegrasikan ruang maya dan ruang fisik menjadi satu, sehingga semua hal menjadi mudah, terutama karena dilengkapi *artificial intelligence*.(21)

Bidang selanjutnya adalah penelitian. Era disrupsi sebenarnya secara tidak langsung memberikan inspirasi terhadap perguruan tinggi untuk mengarahkan penelitian-penelitiannya kepada masalah-masalah fundamental yang dihadapi masyarakat dan pemerintah daerah setempat.(22) Hal ini nantinya bukan hanya akan berimplikasi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, melainkan berbanding lurus pula dengan percepatan adaptasi daerah dalam menghadapi berbagai tantangan dan perubahan. Wujud

dari keberhasilan penelitian yang dilakukan perguruan tinggi bahkan bisa sekaligus berdimensi pada pengabdian pada masyarakat, sebab hasil dari penelitian yang dilakukan memberikan manfaat dan dampak yang berarti bagi masyarakat yang menjadi objek dari penelitian tersebut.

Berbicara tentang pengabdian kepada masyarakat secara khusus, juga dapat dilakukan strategi dengan memasukkan unsur digitalisasi dalam pengabdian tersebut. Artinya, jika selama ini pengabdian yang terjadi hanya berfokus secara luar jaringan (luring), dirasa perlu untuk dilakukan pengembangan berupa perpaduan antara sistem luring dan sistem dalam jaringan (daring). Berkaca pada kondisi sebelumnya saat *covid-19*, sebagian masyarakat telah mampu beradaptasi terhadap kehidupan yang serba dalam jaringan. Kondisi tersebut kemudian melahirkan sebuah sistem kombinasi yang disebut dengan *hibryd learning system* (sistem pembelajarandaring dan luring).<sup>(23)</sup> Pengabdian yang sebelumnya biasa dilakukan dengan langsung mendatangi lokasi atau sasaran pengabdian secara berkala, kini bisa dirancang untuk diadakan metode yang lebih intens dengan mengandalkan kemampuan teknologi. Hal ini juga nantinya dinilai akan lebih memaksimalkan dimensi pengabdian kepada masyarakat perguruan tinggi, sebab waktu yang digunakan lebih fleksibel namun pengabdian yang dihasilkan menjadi lebih maksimal. Bidang hukum misalnya, dapat dimunculkan sebuah *platform* layanan hukum *online* yang dapat memberikan edukasi hukum kepada masyarakat. Tidak hanya itu, masyarakat juga dapat senantiasa berkonsultasi atau menyampaikan pengaduan hukum secara *online* melalui *platform* tersebut yang dapat dilakukan dimana pun dan kapan pun.

Gagasan konseptual dan tindakan yang juga sembari penulis lakukan dalam inovasi model pembelajaran ini dapat dilihat pada tabel berikut:

No	Dimensi	Rencana
1	Pendidikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan pengajaran dengan inovasi- inovasi seperti <i>blended learning</i> (melalui kolaborasi), <i>project based-learning</i> (melalui publikasi), dan <i>flipped classroom</i> (melalui interaksi publik dan interaksi digital);</li> <li>- Melaksanakan pengajaran yang berbasis digitalisasi;</li> <li>- Senantiasa memberikan <i>transfer of value</i> (pembelajaran nilai-nilai) kepada peserta didik (mahasiswa), dimana hal ini tidak akan dapat tergantikan oleh teknologi ataupun ilmu robotik;</li> <li>- Memberikan arahan untuk membuat dan menyebarkan konten edukasi hukum;</li> <li>- Mengarahkan mahasiswa untuk membuat <i>platform</i> hukum di media sosial;</li> <li>- Memberikan rekomendasi kepada peserta didik (mahasiswa) untuk mengikuti program-program MBKM guna meningkatkan <i>soft skill</i> dan mendapatkan berbagai bentuk pengetahuan dari luar kampus;</li> <li>- Memberikan rekomendasi kepada pimpinan perguruan tinggi untuk memaksimalkan dan mengembangkan pola pembelajaran berbasis <i>e-learning</i>;</li> </ul>

No	Dimensi	Rencana
2	Penelitian	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melaksanakan penelitian yang mengangkat topik atau permasalahan riil yang sering terjadi di wilayah perguruan tinggi;</li> <li>- Melakukan penelitian yang dipadukan dengan pemanfaatan dan pendaayagunaan teknologi;</li> <li>- Mengoptimalkan penggunaan teknologi seperti media sosial dalam proses penelitian</li> </ul>
3	Pengabdian Kepada Masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memaksimalkan pengabdian masyarakat dengan menggunakan bantuan teknologi yang dapat mendukung terciptanya <i>hibryd learning system</i>;</li> <li>- Khusus di bidang hukum, memberikan rekomendasi untuk dikembangkannya pelayanan hukum terhadap masyarakat dengan menyediakan <i>platform</i> hukum secara <i>online</i> (dapat juga dilakukan dengan mengembangkan website LKBH) untuk memberikan edukasi hukum, menerima pengaduan dan konsultasi hukum masyarakat dengan lebih luwes dan fleksibel.</li> </ul>

### Kesimpulan dan Saran

Terdapat 3 (tiga) model inovasi pembelajaran hukum yang ditawarkan sebagai upaya dalam mewujudkan digitalisasi pendidikan yaitu model pembelajaran hukum berbasis *artificial intelligent* (AI), model pembelajaran hukum menggunakan konten edukasi dan

*platform* hukum di media sosial, dan model pembelajaran hukum berbasis Tridarma Perguruan Tinggi dengan penerapan teknologi. Keseluruhan dari pemikiran dan strategi pemecahan masalah, yang telah dijelaskan sebelumnya, bukanlah menjadi suatu ide dan gagasan yang terbatas untuk dikembangkan. Diperlukan kajian yang lebih lanjut dan mendalam serta kehati-hatian dalam penerapan terhadap satu per satu sistem yang ditawarkan, guna mendapatkan hasil yang maksimal saat diimplementasikan. Menjawab permasalahan terkait inovasi pembelajaran hukum dalam mengoptimalkan digitalisasi pendidikan, sejatinya memerlukan suatu sistem yang terintegrasi antara komponen atau faktor-faktor yang menjadi pengisi dalam perguruan tinggi dengan pihak luar yaitu masyarakat, yang senantiasa dipadukan dengan digitalisasi. Komponen atau faktor dalam perguruan tinggi yang dimaksud adalah dosen, mahasiswa dan tidak terlepas pula dari adanya *support* berupa dukungan dan bantuan dari pimpinan perguruan tinggi.

#### **Daftar Pustaka**

1. Gumelar DR, Dinnur SS. DIGITALISASI PENDIDIKAN HUKUM DAN PROSPEKNYA PASCA PANDEMI COVID-19. *Al-Ahwal Al-Syakhsyiyah J Huk Kel Dan Peradil Islam*. 2020 Oct 13;1(2):111–22.
2. Kurniawijaya A, Yudityastri A, Zuama APC. PENDAYAGUNAAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PERANCANGAN KONTRAK SERTA DAMPAKNYA BAGI SEKTOR HUKUM DI INDONESIA. *Khatulistiwa Law Rev*. 2021 Jun 2;2(1):260–79.
3. Cristiana E. Digitalisasi Pendidikan Ditinjau Dari Perspektif Hukum. *Pros Semin NasIAHN-TP Palangka Raya*. 2021 May 18;(3):58–66.
4. Widodo ST. INOVASI PEMBELAJARAN PENDIDIKAN KEWARGANEGARAAN PERGURUAN TINGGI DAN SEKOLAH DASAR DALAM MENGHADAPI TANTANGAN ERA DISRUPSI.
5. Putro WD. Disrupsi dan Masa Depan Profesi Hukum. *J Mimb Huk*. 2020;32(1):19–29.
6. Kahar MI, Cika H, Afni N, Wahyuningsih NE. PENDIDIKAN ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0 MENUJU ERA SOCIETY 5.0

- DI MASA PANDEMI COVID 19. *Moderasi J Studi Ilmu Pengetah Sos.* 2021 Sep 24;2(1):58–78.
7. Zulfikar P. Pengaruh Teknologi Artificial Intelligence (AI) terhadap Perkembangan Pendidikan Hukum di Indonesia. *J Educ.* 2023 Dec 29;6(1):10716–22.
  8. Susanto AF, Septianita H, Tedjabuana R, Pratama MA. DIGITALISASI PENDIDIKAN HUKUM. *J LITIGASI.* 2022 Oct 31;23(2):234–52.
  9. AI Dalam Pendidikan Hukum di Konferensi Internasional [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 14]. Available from: <https://iblam.ac.id/2024/04/30/ai-dalam-pendidikan-hukum-di-konferensi-internasional/>
  10. Rancangan Aplikasi Pembelajaran Hukum Ekonomi Berbasis Artificial Intelligence (AI) di Perguruan Tinggi | INFORMATION SYSTEM FOR EDUCATORS AND PROFESSIONALS: *Journal of Information System* [Internet]. [cited 2024 Oct 14]. Available from: <https://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/ISBI/article/view/2888>
  11. Pembelajaran Digital.
  12. Indonesia BPS. Perilaku Masyarakat Pada Masa Pandemi Covid-19: Hasil Survei Perilaku Masyarakat Pada Masa Pandemi Covid-19 [Internet]. [cited 2024 Oct 14]. Available from: <https://www.bps.go.id/id/publication/2022/03/15/5026d1ebbb39697c4d2f280a/perilaku-masyarakat-pada-masa-pandemi-covid-19-hasil-survei-perilaku-masyarakat-pada-masa-pandemi-covid-19.html>
  13. Pemanfaatan media sosial sebagai media penyajian konten edukasi atau pembelajaran digital | *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research* [Internet]. [cited 2024 Oct 14]. Available from: <https://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/jisamar/article/view/609>
  14. DataReportal – Global Digital Insights [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 14]. Digital 2024: Indonesia. Available from: <https://datareportal.com/reports/digital-2024-indonesia>
  15. Ramli TS, Muttaqin Z, Sukarsa DE, Putri SA, Cahyadini A, Ramadayanti E. PENGENALAN HUKUM TEKNOLOGI

- INFORMASI DALAM PEMANFAATAN OVER THE TOP UNTUK PENDIDIKAN. *ACTA DIURNAL J Ilmu Huk Kenotariatan*. 2021 Dec31;5(1):78–94.
16. Lian B. TANGGUNG JAWAB TRIDHARMA PERGURUAN TINGGI MENJAWAB KEBUTUHAN MASYARAKAT. Pros Seminars PROGRAM Pascasarjana Univ PGRI Palembang [Internet]. 2019 Jul 8 [cited 2024 Oct 14]; Available from: <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/Prosidingpps/article/view/2965>
  17. Ekasari R, Denitri FD, Rodli AF, Pramudipta AR. ANALISIS DAMPAK DISRUPSI PENDIDIKAN ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0. *J Ecopreneur*12. 2021 Apr 22;4(1):110–21.
  18. EKSPLOKASI KINERJA DOSEN MELALUI TRI DHARMA PERGURUAN TINGGI | *Procuratio: Jurnal Ilmiah Manajemen* [Internet]. [cited 2024 Oct 14]. Available from: <https://ejournal.pelitaIndonesia.ac.id/ojs32/index.php/PROCURATIO/article/view/1792>
  19. Harto K. TANTANGAN DOSEN PTKI DI ERA INDUSTRI 4.0. *J Tatsqif*. 2018 Jul3;16(1):1–15.
  20. Hastuti AP. Pengembangan Pendidikan Tinggi Melalui Budaya Learning Organization Era Society 5.0. *Turots J Pendidik Islam*. 2021;118–28.
  21. Rosana AS, Dewi MDP, Baiquni MI. Strategi Perguruan Tinggi Hukum dalam Menghadapi Era Disrupsi Teknologi Sebagai Upaya Membentuk Para Penegak Hukum yang Berintegritas dan Berkarakter Pancasila: Strategy of Law Colleges in Facing the Era of Technological Disruption as an Effort to Create Law Enforcers with Integrity and Pancasila Character. *Semin Nas Huk Univ Negeri Semarang*. 2021 Aug 15;7(2):509–22.
  22. Ohoitmur J. Disrupsi: Tantangan Bagi Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Peluang Bagi Lembaga Pendidikan Tinggi. *Respons J Etika Sos*. 2018;23(02):143–66.
  23. Adawiya R, Sholihah DA, Richardo R, Abdullah AA, Mubarrak MN, Azizah FN, et al. Pengembangan Inovasi Belajar Dan Mengajar Di Era Disrupsi Melalui Pembelajaran Daring Dan Luring (Hybrid Learning System). *Literasi J Pengabdian Masyarakat Dan Inov*. 2022 Aug 1;2(2):1440–5.

## Biodata



### **Prof. Dr. Rosnidar Sembiring, S.H., M.Hum**

merupakan Guru Besar Tetap pada Fakultas Hukum Universitas Sumatera Utara. Lahir di Pematang Siantar, 02 Februari 1966. Anak kedua dari pasangan Alm. H. Muhammad Yahya Sembiring dan Alm. Hj. N. Br. Panjaitan binti TM. Panjaitan. Menjalani pendidikan di SD Negeri No. 122344 Pematang Siantar (lulus tahun 1979). SMP Negeri 1 Pamatang Raya (lulus tahun 1982) dan SMA Negeri 3 Pematang Siantar (lulus tahun 1985). Memperoleh gelar Sarjana Hukum dari Fakultas Hukum Universitas Sumatera Utara (lulus tahun 1990). Melanjutkan studi Pascasarjana (S2) Ilmu Hukum di Universitas Sumatera Utara (lulus tahun 2002). Meraih gelar Doktor (S3) Ilmu Hukum di Universitas Sumatera Utara (2013) dan memperoleh jabatan Guru Besar sejak tanggal 1 Desember 2019. Menjadi dosen di Fakultas Hukum Universitas Sumatera Utara tahun 1992 sampai sekarang, Magister Hukum Universitas Sumatera Utara tahun 2014 sampai sekarang, Magister Kenotariatan USU tahun 2014 sampai sekarang, Magister Universitas Darma Agung tahun 2015 sampai sekarang. Menjabat sebagai Sekretaris Program Studi Magister Kenotariatan Universitas Sumatera Utara (2021-sekarang). Menjadi anggota dan pengurus di berbagai organisasi profesi antara lain : Asosiasi Dosen Indonesia(ADI), Asosiasi Pengajar Hukum Adat (APHA), Asosiasi Pengajar Hukum Keperdataan (APHK), Asosiasi Dosen Pengajar Hukum Acara Perdata(ADHAPER), Anggota Majelis Pengawas Daerah (Notaris), Anggota Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara, dan Anggota Dewan Kehormatan PERADI Daerah Sumatera Utara. Aktif melakukan berbagai penelitian, kerjasama di dalam dan luar negeri, pengabdian, publikasi ilmiah, mengikuti seminar, dan menjadi narasumber, moderator, baik di tingkat nasional maupun internasional. Publikasi artikel ilmiah dengan judul antara lain : Pelaksanaan Perjanjian Adat Terkait Bagi Hasil (Studi Kasus di Kecamatan Babalan, Kabupaten Langkat) di tahun 2021, Perjanjian Kawin Sebagai Perlindungan Hukum Bagi Perempuan (Lokasi: Kelurahan Tanjung Selamat,

Medan Tuntungan) di tahun 2021, dan *Analysis Legal Protection Of Instrumentary Witnesses In The Making Of Notary Acts (Study Of Indonesian Notary Association Of Regional Management Of Medan City)* di tahun 2022. Beliau juga aktif menulis buku dengan judul antara lain : Buku Hukum Keluarga (Harta-Harta Benda Dalam Perkawinan), No. HKI : 000140974, tanggal 26 April 2019, PT. Raja Grafindo, Jakarta ; Buku Hukum Penyelesaian Sengketa Hak Atas Tanah Adat Di Simalungun, No. HKI : 000122544, Medan ; Buku Hukum Pertanahan Adat, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta, 2017 ; Buku Hukum Penanaman Modal Di Kawasan Ekonomi Khusus, USU Press, 2018. ; Buku Hukum Waris Adat, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta, 2021; Buku Peran Guru Besar USU Dalam Pemecahan Permasalahan Bangsa Melalui Perspektif Sustainable Development Golas (SDGs), USU Press, 2022.

# **Inovasi Pembelajaran Bahasa Arab dan budaya dalam Pengembangan Kualitas Keilmuan Berbasis Digitalisasi**

**Pujiati**

Email : pujiati@usu.ac.id

## **I. PENDAHULUAN**

Dimanapun ada manusia, di situ juga ada bahasa, dan sebaliknya. Kedua hal tersebut tidak dapat dipisahkan. Bahasa berkembang berkat keberadaan manusia, dan manusia berkembang dengan adanya bahasa. Keduanya saling berhubungan dalam setiap aspek kehidupan. Bahasa merupakan salah satu warisan paling berharga bagi manusia sepanjang sejarah. Tidak seperti warisan berupa harta atau benda, bahasa adalah warisan yang hidup dan harus dipelajari. Seorang anak tidak akan bisa berbahasa tanpa diajari. "Identitas" manusia terlihat dari bahasa yang digunakannya. "Bahasa menunjukkan bangsa", sebagaimana ungkapan Pepatah Melayu.

Sebagian orang menganggap Bahasa Arab sebagai bahasa kuno yang hanya digunakan untuk keperluan agama. Pandangan ini menjadi salah satu alasan rendahnya motivasi pelajar dalam mempelajari Bahasa Arab. Menurut penulis, untuk meningkatkan motivasi belajar bahasa ini, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menghidupkan kembali peradaban Arab. Pandangan tersebut tidak tepat karena Bahasa Arab adalah bahasa internasional yang digunakan oleh umat Islam secara universal.

Keuniversalan bahasa Arab ini disebabkan oleh statusnya sebagai bahasa yang mendunia, antara lain:

1. Alquran diturunkan dalam Bahasa Arab.
2. Hadis-hadis Nabi disampaikan dalam Bahasa Arab.
3. Bahasa Arab digunakan dalam ibadah salat umat Islam; salat tidak sah kecuali menggunakan Bahasa Arab.
4. Bahasa Arab adalah bahasa yang digunakan untuk zikir sesuai dengan sunnah Rasulullah SAW.

5. Bahasa Arab adalah bahasa resmi yang digunakan di negara-negara Arab dan Timur Tengah.
6. Bahasa Arab memiliki status sebagai bahasa internasional dan merupakan salah satu bahasa resmi PBB.
7. Bahasa Arab berkontribusi pada penyerapan kosakata Bahasa Indonesia

Fenomena yang menarik studi tentang masyarakat Arab tidak akan lengkap tanpa mempertimbangkan aspek bahasa. Bahasa adalah alat utama yang digunakan oleh budaya untuk menyalurkan kepercayaan, nilai, dan norma, budaya, ekonomi, politik, kesenian, sains dan teknologi. Bahasa juga menjadi sarana bagi individu untuk berinteraksi secara ekspressif dengan orang lain dan sebagai alat untuk berpikir.

Bahasa adalah hasil budaya yang kompleks dan dinamis. Dikatakan kompleks karena di dalamnya terkandung pemikiran kolektif dan seluruh aspek yang dimiliki oleh suatu masyarakat. Bahasa juga bersifat dinamis karena terus mengalami perubahan sesuai dengan perkembangan masyarakat.

Tujuan Penulisan Buku berguna untuk antara lain yaitu: (1) Mengidentifikasi dan mengevaluasi berbagai inovasi dalam digitalisasi pembelajaran. (2) Menjelaskan bagaimana inovasi tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas keilmuan. (3) Memberikan panduan praktis bagi pendidik dan institusi pendidikan dalam mengimplementasikan teknologi digital dalam proses pembelajaran.

Manfaat penulisan buku ini yaitu antara lain (1) dapat menyediakan sumber informasi yang komprehensif tentang digitalisasi pembelajaran. (2) Meningkatkan pemahaman pendidik dan akademisi tentang pentingnya inovasi digital dalam pendidikan (3) Mendorong penggunaan teknologi digital untuk meningkatkan kualitas pendidikan.

## **II. MASALAH**

1. Apa urgensi bahasa arab dan budaya arab dalam pembelajaran ?

2. Bagaimana bentuk inovasi Pembelajaran Bahasa dan budaya arab dalam pengembangan kualitas Keilmuan berbasis digitalisasi ?

### **III. STRATEGI PEMECAHAN MASALAH**

Terdapat 3 solusi yang perlu dikemukakan sebagai strategi pemecahan masalah ini yaitu : (1) pemahaman tentang urgensi bahasa dan budaya arab dalam pembelajaran (2) bentuk inovasi pembelajaran bahasa arab dalam pengembangan kualitas Keilmuan berbasis digitalisasi.

#### **3.1 URGENSI MEMPELAJARI BAHASA ARAB**

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan mengeluarkan Permendikbud Nomor 53 tahun 2023 untuk meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia, khususnya pendidikan bahasa Arab, dengan menetapkan standar kurikulum, tenaga pendidik, dan sumber daya pendukung lainnya. Selain itu, Peraturan Menteri Agama Republik Indonesia nomor 2 tahun 2008 tentang Standar Kompetensi dan Standar Isi Pendidikan Agama Islam dan Bahasa Arab menetapkan bahwa tujuan studi bahasa Arab adalah untuk meningkatkan kemampuan berkomunikasi secara lisan dan tulis dalam bahasa Arab, yang mencakup empat keterampilan berbahasa: menyimak (istima'), berbicara (kalam), membaca (qira'ah), dan menulis (kitabah).. Selain itu, peraturan tersebut menegaskan bahwa pendidikan bahasa Arab harus meningkatkan pemahaman tentang betapa pentingnya meningkatkan kesadaran berbahasa Arab sebagai salah satu bahasa asing, terutama dalam hal belajar literatur Islam. Begitu juga Bahasa Arab digunakan di beberapa perguruan Tinggi di Eropa dan Amerika sebagai sumber memperdalam ilmu pengetahuan (Gazzawi, 1992).

Pada program S1 Sastra Arab di Fakultas Ilmu Budaya Universitas Sumatera Utara yang memiliki akreditasi unggul dan sekarang dalam proses menuju akreditasi internasional memiliki kurikulum MBKM dengan matakuliahnya antara lain sintaksis (ilmu nahwi), morfologi (ilmu sarfi), mudadasah, istimak, qiraatul kutub, terjemah, kaligrafi, dan kajian lintas budaya, Pengantar Sejarah Bahasa Arab, Pengantar Kesusasteraan Arab, Ikhtisar Kebudayaan

Arab, Pranata Masyarakat Arab, Geopolitik Kawasan Timur Tengah, Pengantar Linguistik Umum, ilmu tajwid, Tulisan Jawi, leksikografi, Semantik, pragmatik, ilmu ma'ani, metode penelitian sastra, Bahasa dan budaya, dsb.

Rumpun bahasa Semit terdiri dari bahasa yang digunakan oleh orang-orang yang tinggal di sekitar sungai Tigris dan Furat, dataran Syria, dan jazirah Arabia (Timur Tengah), seperti Finisia, Assyiria, Ibrania, Arabia, Suryania, dan Babilonia. Ibrany adalah salah satu dari banyak bahasa yang masih digunakan hingga saat ini. Sebenarnya, bahasa Arab sudah ada sejak beberapa abad sebelum Islam, karena bukti sastra Arab baru baru-baru ini ditemukan hanya dua abad sebelum Islam, jadi pencatatan bahasa Arab baru baru-baru ini dimulai. Liga Arab terdiri dari 22 negara? Tidak hanya Saudi Arabia yang dianggap sebagai negara Arab, tetapi juga sekitar 22 negara lain yang tergabung dalam Liga Arab, seperti Mesir, Al-Jazair, Sudan, Qatar, Yaman, Iraq, dan lain-lain.

Selain itu, banyak negara yang menggunakan Bahasa Arab sebagai bahasa resmi. Berdasarkan data dari The World Factbook di situs CIA, terdapat 27 negara di kawasan Timur Tengah dan Afrika Utara yang menggunakan Bahasa Arab sebagai bahasa resmi negara. Disebabkan jumlah penutur Bahasa Arab yang sangat besar membuat Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) menetapkan Bahasa Arab sebagai salah satu bahasa resmi pada 18 Desember 1973. Bahasa ini menjadi satu dari enam bahasa resmi PBB, bersanding dengan Bahasa Inggris, Prancis, Rusia, Tionghoa dan Spanyol.

Penetapan Bahasa Arab sebagai bahasa resmi PBB pada 18 Desember juga mendorong Maroko dan Arab Saudi untuk mengajukan usulan kepada UNESCO agar tanggal tersebut diperingati sebagai Hari Bahasa Arab Sedunia (World Arabic Language Day) pada tahun 2010. Tujuannya adalah untuk mempromosikan multilingualisme dan keragaman budaya. Selain itu, peringatan ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran para anggota PBB mengenai sejarah, budaya, dan perkembangan dari keenam bahasa resmi PBB.



Sejak Bahasa Arab ditetapkan sebagai bahasa resmi PBB, semakin banyak orang yang tertarik untuk mempelajarinya setiap tahun. Bagi para pelajar bahasa dan sastra Arab, peringatan tanggal 18 Desember ini menjadi dorongan positif untuk memperluas wawasan dan mendalami berbagai ilmu baru. Dari 27 negara yang menggunakan Bahasa Arab, 18 negara menggunakannya sebagai bahasa resmi utama (bahasa nasional), 4 negara sebagai bahasa resmi utama berdampingan dengan bahasa lain, dan 5 negara menjadikannya sebagai bahasa kedua setelah bahasa nasional. Negara-negara yang menggunakan Bahasa Arab ditunjukkan dalam daftar berikut:

<b>Negara</b>	<b>Status</b>
Aljazair	Bahasa resmi
Arab Saudi	Bahasa resmi
Bahrain	Bahasa resmi
Chad	Bahasa resmi tambahan
Djibouti	Bahasa resmi tambahan
Eritrea	Bahasa resmi tambahan
Gambia	Bahasa resmi
Irak	Bahasa resmi utama
Israel	Bahasa resmi tambahan
Komoro	Bahasa resmi utama
Kuwait	Bahasa resmi
Libanon	Bahasa resmi
Libya	Bahasa resmi
Mauritania	Bahasa resmi
Maroko	Bahasa resmi utama
Mesir	Bahasa resmi
Oman	Bahasa resmi
Palestina	Bahasa resmi
Qatar	Bahasa resmi
Sahara Barat	Bahasa resmi utama
Somalia	Bahasa resmi tambahan
Sudan	Bahasa resmi
Suriyah	Bahasa resmi
Tunisia	Bahasa resmi
Uni Emirat Arab	Bahasa resmi
Yaman	Bahasa resmi
Yordania	Bahasa resmi

(<https://jasa-translate.com/bahasa-arab-sebagai-bahasa-resmi-pbb/>)

### **3.1.1 Urgensi Budaya Arab dalam Pembelajaran dan Kemunculan Islam**

Salah satu daya tarik besar budaya Arab adalah kemunculan Islam. Islam tidak hanya mengubah pandangan spiritual bangsa Arab, tetapi juga membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan mereka. Sebelum kedatangan Islam, Jazirah Arab merupakan daerah yang terpencil dan kurang berhubungan dengan kebudayaan bangsa lain karena keterbatasan ekonomi dan akses yang sulit. Namun, dengan berkembangnya Islam, wilayah ini mengalami perubahan besar dan Islam menjadi fondasi kuat bagi peradaban baru.

Budaya berbahasa Arab juga mengalami perkembangan, memunculkan dua bentuk utama Bahasa yaitu: "fushha" dan "amiyah." Budaya berbahasa Arab fushha adalah bahasa resmi dan baku yang digunakan dalam situasi formal serta dalam penulisan puisi, prosa, dan karya intelektual lainnya. Fushha mengikuti kaidah-kaidah internasional yang ketat, menjaga keaslian dan keunikan bahasa tersebut seperti teks kita suci Alquran, hadis, zikir. Di sisi lain, budaya berbahasa Arab amiyah adalah bahasa yang digunakan dalam komunikasi geografis budaya lingkungan sehari-hari dan berkembang di kalangan masyarakat umum, sering kali dianggap sebagai bahasa "pasaran."

Pemahaman budaya Arab dalam pembelajaran bahasa Arab sangat penting karena bahasa dan budaya saling terkait erat. Mengajarkan budaya bersama bahasa membantu memperluas wawasan lintas budaya dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam kepada peserta didik. Dengan cara ini, peserta didik dapat lebih memahami keragaman budaya dan mampu terlibat dalam dinamika tersebut.

Arab Saudi, yang sering dikenal sebagai pusat dunia Arab, merupakan negara yang sangat terkenal di dunia, terutama karena nilai religiusnya. Bagi banyak orang Indonesia yang mayoritas Muslim, kota suci Mekkah dan Madinah merupakan tujuan utama ibadah haji dan umroh serta ziarah atau wisata religi. Selain dari segi keagamaan, Arab juga dikenal dengan kekayaan alamnya, terutama minyak bumi yang melimpah, menjadikannya negara yang sangat penting secara global.

### **3.1.2 Budaya Arab yang Khas dan Unik**

Budaya Arab memiliki pengaruh yang cukup besar di dunia, termasuk di Indonesia. Akulturasi antara budaya Arab dan Indonesia dapat dilihat pada beberapa hal, seperti desain masjid yang menggabungkan unsur arsitektur Arab dan lokal. Selain itu, dalam ibadah umat Islam, banyak praktik yang dipengaruhi oleh budaya Arab, seperti penggunaan bahasa Arab dalam salat yang tidak sah jika tidak menggunakan bahasa tersebut, begitu pula dalam zikir, pemberian nama anak, garis keturunan (nasab), pernikahan, zakat, dan haji yang semua melibatkan simbol-simbol budaya Islami begitu juga kosakata serapan bahasa Arab ke dalam Bahasa Indonesia, adil, Makmur, musyawarah, ridho, ikhlas, taat, amal, iman dsb.

#### **Beberapa aspek unik dari budaya Arab antara lain:**

##### **1. Budaya Makan**

orang Arab sangat menghormati tamu yang datang ke rumah mereka. Anda biasanya akan diberikan makanan daging seperti domba, kambing, atau unta. Sesuai dengan ajaran Islam, orang yang paling tua biasanya makan terlebih dahulu dengan mereka makan menggunakan tangan kanan.

Dalam budaya Arab, orang diajarkan untuk selalu makan dan makan secara teratur. Budaya minum teh dan kopi orang Arab juga unik; mereka biasanya memulai hari mereka dengan minum kopi atau teh sebelum makan siang, yang biasanya terdiri dari kurma atau produk susu. Orang Arab suka makan makanan yang terbuat dari biji-bijian yang dipanaskan saat magrib

Penyembelihan hewan tidak hanya dilakukan pada hari besar Islam seperti Qurban, tetapi juga dilakukan dalam upacara pernikahan. Hewan seperti domba, kambing, dan unta muda adalah hewan yang biasanya disembelih dalam upacara pernikahan.

##### **2. Tradisi iftar dengan makan unta**

Tradisi iftar ditemukan di negara-negara Arab seperti Arab Saudi dan Uni Emirat Arab. Biasanya, mereka makan daging unta utuh bersama nasi, telur, dan sayuran lain yang dimasak dengan bumbu biryani.

Daging unta utuh yang telah dibersihkan akan langsung dilumuri dengan bumbu lengkap, seperti rempah-rempah, asam, dan serbuk kunyit. Di sebuah wadah besar khusus, daging unta utuh akan dimasak bersama dengan bahan lain. Sangat banyak tenaga manusia diperlukan untuk mengolah menu daging unta utuh ini.

Biasanya, daging unta utuh dimakan bersama dengan dua puluh karyawan restoran. Sisanya dibagikan secara gratis kepada orang-orang yang membutuhkan.

### **3. Budaya Mujamalah (Basa-basi)**

Budaya Mujamalah (Basa-basi): Orang Arab tidak berbicara secara langsung; mereka lebih suka berbicara dengan basa-basi dan ekspresif daripada orang Barat. Tidak cukup dengan satu kata untuk bertanya kabar pada teman, tetapi perlu berulang kali.

Orang Arab Saudi kadang-kadang berpikir bahwa sesuatu yang lain dimaksudkan, meskipun dia telah berkata sesuai maksudnya. Sebagai ilustrasi, gunakan kata "laa", yang berarti "tidak", untuk menolak permintaan untuk menambah makanan dan minuman. Mengucapkan "laa" dan "wallahi" berulang kali akan membuat tuan rumah yakin bahwa tamunya benar-benar kenyang.

### **4. Prioritas Keluarga**

Di Arab, setelah keimanan kepada Tuhan, keluarga menduduki posisi kedua dalam kehidupan masyarakat. Keluarga adalah elemen terpenting yang diprioritaskan di atas persahabatan atau pekerjaan. Struktur keluarga yang erat menjadi tolok ukur status sosial, dan hal ini menjadikan orang Arab sangat menjaga harkat dan martabat keluarga. Hal ini menyebabkan orang Arab sangat menghormati martabat keluarga dan harkat. Tidak mengherankan bahwa keluarga sangat penting dalam menjalankan bisnis, terutama dagang. Ini karena orang Arab sangat pandai berbisnis. Karena penting untuk mencegah kegagalan dalam bisnis, anggota keluarga menjalankan toko, pabrik, bisnis, dan ladang. Sehingga keuntungan dan kerugian dirasakan Bersama-sama oleh anggota keluarga membantu.

Orang Arab menghargai nilai tata krama dengan menghormati orang tua. Akibatnya, orang tua—kakek dan nenek,

sering diajak berbicara dalam setiap diskusi. Karena laki-laki dianggap sebagai pemimpin keluarga di budaya Arab, anggota keluarga laki-laki biasanya lebih banyak berbicara tentang pekerjaan atau masalah lainnya.

Budaya Arab memengaruhi Indonesia, parenting di Arab tidak jauh berbeda dengan di Indonesia. Anak-anak Arab sering mengikuti contoh orang tua mereka. Orang tua mereka mengajarkan anak laki-laki mereka untuk menjadi pemimpin, terutama dalam hal memimpin saudara perempuan mereka. Namun, anak perempuan diajarkan cara mengurus rumah dan sering dipuji. Di zaman modern ini, parenting orang tua Arab terkesan patriarki. Meskipun demikian, budaya Arab adalah yang paling menjunjung tinggi kehormatan bagi laki-laki dan perempuan.

## 5. Model Pakaian Arab

Model atau gaya berpakaian di Arab sangat berbeda dengan Barat. Sebagian besar perempuan Arab diwajibkan mengenakan jilbab atau burqa, yang merupakan pakaian panjang yang menutupi tubuh dari kepala hingga kaki yang disebut jubah dan **cadar**. Ini mencerminkan adat istiadat yang sangat menghargai aturan berpakaian Islami.

**Abaya** sebagai representasi budaya pakaian Wanita arab Abaya adalah jenis pakaian berupa jubah panjang berwarna hitam polos tanpa hiasan, yang dikenakan oleh sebagian besar wanita di Arab Saudi. Dalam penelitian ini, abaya dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu abaya tradisional dan abaya kontemporer.

Tradisi berpakaian laki-laki arab dengan menggunakan khususnya Saudi Arabia Pria Saudi biasanya mengenakan **simagh**, penutup kepala yang digunakan Rasulullah Shallallahu'alaihi Wasallam, para sahabat, para ulama, dan orang-orang shalih baik di luar maupun saat shalat.

**Ghutrah dan Simagh** merupakan penutup kepala tradisional yang sering dikenakan oleh laki-laki Arab yang hadir dalam tiga pilihan warna: merah, putih, dan hitam. Di samping itu, terdapat berbagai jenis, gaya, dan merek pakaian yang sering dipakai sehari-hari, seperti Dior, Givenchy, dan lainnya. Ghutrah memiliki pola berbeda dibandingkan dengan Simagh, dengan

variasi warna yang terinspirasi dari berbagai sumber, serta banyak pilihan merek. **Ghutra** dianggap lebih eksklusif dan biasanya dikenakan pada acara-acara istimewa seperti pernikahan, hari libur resmi, atau acara penting lainnya.

Bagi laki-laki harus mengenakan pakaian formal atau kasual dengan sopan. Laki-laki boleh mengenakan celana pendek sampai ujungnya di bawah lutut. Laki-laki hanya diizinkan untuk mengenakan celana pendek atau atasan tanpa lengan ketika berada di pantai.

## **6. Pernikahan Arab**

Meski mulai berkurang, budaya pernikahan antar saudara masih diterapkan di Arab. Tradisi ini seringkali melibatkan pernikahan sepupu dari pihak ayah. Pernikahan di Arab dilakukan dengan sangat sakral, sering kali tanpa mempertemukan calon mempelai sebelum pernikahan. Orang tua memainkan peran besar dalam pengaturan pernikahan anak-anak mereka, dan laki-laki diperbolehkan untuk berpoligami. Pernikahan di Arab juga terkenal mahal.

Adapun beberapa tradisi Pernikahan Arab antara lain :

### **a. Khitbah (Lamaran)**

Sebelum melangsungkan pernikahan, ada beberapa prosesi yang harus dijalani, salah satunya adalah khitbah. Pada tahap ini, calon mempelai pria menyampaikan niatnya untuk melamar calon pengantin wanita. Pihak wanita akan diberi waktu untuk mempertimbangkan lamaran tersebut. Jika diterima, proses dilanjutkan dengan lamaran resmi. Perlu diperhatikan, wanita yang dikhitbah tidak boleh dalam proses khitbah dengan pria lain.

### **b. Fatihah (penyematan cincin)**

Jika lamaran diterima, dilanjutkan dengan prosesi fatihah atau pertunangan, yang biasanya diadakan di rumah calon pengantin wanita. Cincin akan disematkan sebagai tanda keterikatan, namun calon pengantin pria tidak hadir langsung. Penyematan cincin diwakilkan oleh ibu calon pengantin pria.

### **c. Pesta Henna**

Pengantin wanita akan dihiasi henna di tangannya dalam acara yang dilakukan beberapa hari sebelum pernikahan. Pesta henna ini

mirip dengan perayaan melepas masa lajang, dihadiri oleh keluarga dan teman-teman. Selain henna, makanan, minuman, hiburan, dan sungkeman menjadi bagian dari acara ini.

#### **d. Akad Nikah**

Akad nikah adalah prosesi di mana calon mempelai pria mengucapkan ijab kabul di hadapan saksi dan penghulu. Pengantin wanita biasanya menyaksikan dari ruangan yang berbeda. Setelah ijab kabul, keduanya resmi menjadi suami istri.

#### **e. Walima (Pesta Perkawinan)**

Setelah akad nikah, pesta walima atau jamuan makan digelar sebagai perayaan. Makanan yang disajikan beragam, mulai dari nasi, ayam, ikan hingga kudapan seperti manisan dan kacang-kacangan.

#### **f. Zaffe (Prosesi Pengantin)**

Pengantin akan melakukan grand entrance dengan diiringi musik tradisional dalam prosesi yang disebut zaffe. Biasanya, tamu perempuan akan bersenandung dengan suara tinggi (ululasi) sebagai tanda penghormatan kepada pengantin.

#### **g. Tari Zafin**

Dalam tradisi pernikahan Arab Lebanon, prosesi grand entrance akan disertai dengan tarian zafin. Penari akan menggendong pengantin perempuan menuju pelaminan, yang juga menjadi bagian dari tradisi Melayu di Riau.

#### **h. Barmet Al-Aroos**

Sebagai prosesi penutup, keluarga dan teman-teman akan mengantar pengantin menuju kendaraan yang dihias untuk menuju hotel atau rumah baru mereka. Hal ini melambangkan kebahagiaan dan pengumuman kepada dunia bahwa mereka telah menikah.

#### **i. Aturan Khusus pemisahan laki-laki dan perempuan:**

Di beberapa pesta pernikahan Arab, tamu laki-laki dan perempuan ditempatkan di ruangan terpisah sesuai dengan gender. Penting untuk menghormati aturan ini dan tidak memasuki ruangan yang bukan untuk gender yang sesuai.

## **7. Kesenian Arab**

Berikut adalah tiga contoh karya seni yang populer di berbagai negara, baik di kalangan orang Arab maupun non-Arab, seperti di Eropa dan Asia:

### **a. Seni Kaligrafi**

Kaligrafi memiliki peran penting dalam seni tulisan indah budaya Arab dan Islam. Banyak seniman Arab Saudi yang menciptakan kaligrafi yang memadukan keindahan huruf Arab dengan pesan-pesan spiritual. Kaligrafi Arab, yang berkembang sejak abad ke-6 M, adalah salah satu bentuk seni yang berasal dari Arab (Al-Baba, 1992).

Kaligrafi menggunakan 28 huruf abjad Arab yang ditulis dari kanan ke kiri. Menurut UNESCO, kaligrafi awalnya dibuat agar tulisan mudah dibaca, namun kemudian berkembang menjadi seni Arab Islam yang mencakup karya tradisional dan modern.

Teknik tradisionalnya menggunakan bahan-bahan alami seperti alang-alang dan bambu untuk qalam, serta tinta yang terbuat dari campuran madu, jelaga, dan kunyit. Alat tradisional yang termasuk digunakan untuk menulis kaligrafi adalah pena bulu atau "qalam"

Saat ini, kaligrafi juga dibuat dengan alat-alat modern seperti spidol dan cat sintesis. Kaligrafi modern dapat dibentuk menjadi pola geometris atau bentuk makhluk hidup (Sirojuddin, 1992).

### **b. Henna**

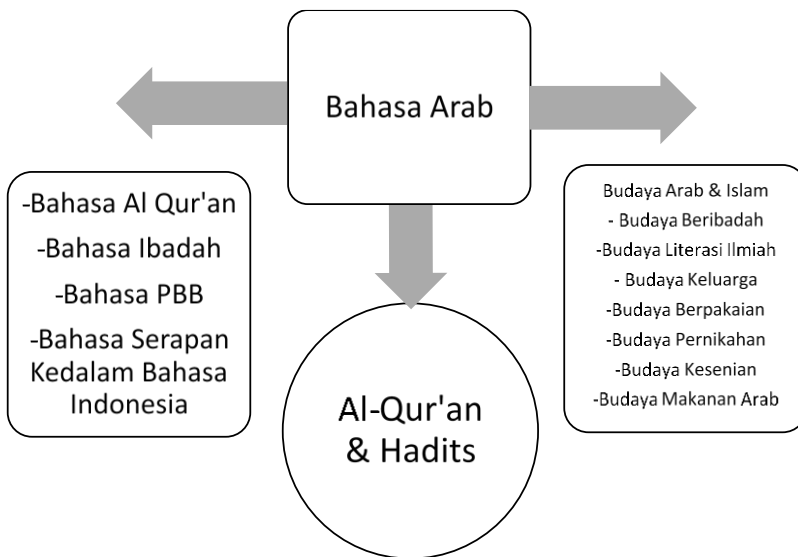
Henna, atau \*al-inn\* dalam bahasa Arab, adalah seni menghias kulit, rambut, kuku, dan kain menggunakan pewarna alami dari tanaman henna. Menurut Bayt Al Fann, henna melambangkan kesehatan dan kemakmuran, terutama dalam pernikahan. Semakin gelap warna henna, semakin dalam cinta antara pasangan. Pewarnaan henna tidak menggunakan jarum, berbeda dengan tato, dan biasanya diaplikasikan dengan kerucut tajam seperti icing kue. Seni henna telah lama dikenal di Afrika Utara dan sering digunakan untuk kecantikan, terutama dalam acara-acara seperti pernikahan dan perayaan Idul Fitri.

### c. Alat Musik

Walaupun Arab Saudi dikenal dengan tradisi konservatif dalam seni musik, ada beberapa alat musik khas Arab yang telah dikenal luas. Beberapa alat musik populer dari Arab termasuk rabab, oud, qanoun, ney, riq, dan berbagai jenis perkusi. Ketika dimainkan bersama, instrumen-instrumen ini menciptakan musik Arab yang khas dan mendunia.

Musik Arab cenderung lembut, sering menggunakan alat musik seperti gambus. Sejarah mencatat bahwa musik Arab memengaruhi musik di Eropa, terutama melalui alat musik seperti kecapi yang juga digunakan di Eropa.

**Fenomena Berbahasa dan Budaya Arab dapat Dirumuskan sebagai Berikut :**



### 3.2 Bentuk Inovasi Pembelajaran Bahasa dan Budaya Arab dalam Pengembangan Kualitas Keilmuan Berbasis Digitalisasi

Era digital telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan. Teknologi digital menawarkan berbagai peluang untuk mengembangkan metode pembelajaran yang lebih efektif, efisien, dan menarik. Oleh karena

itu, inovasi dalam digitalisasi pembelajaran menjadi penting untuk meningkatkan kualitas pendidikan.

Guna pemenuhan tuntutan perubahan era digital dan Revolusi Industri 4.0, serta menyiapkan mahasiswa yang cerdas, terampil, dan berkarakter unggul dalam dunia kerja, Universitas Sumatera Utara perlu merancang inovasi pembelajaran digital yang kreatif. Tujuannya adalah agar mahasiswa dapat mencapai hasil pembelajaran yang optimal, mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan.

Pendidikan secara umum diharapkan dapat memberikan kontribusi positif sebagai wadah riset masa depan. Sistem pendidikan bahasa Arab tidak hanya mendukung nilai-nilai, tetapi juga mendorong pemikiran produktif yang relevan dengan kebutuhan zaman. Dengan demikian, penting adanya inovasi dalam media pembelajaran bahasa Arab agar pembelajaran menjadi lebih dinamis (Lisaniyah, 2020).

Pembelajaran bahasa memerlukan media yang tepat agar tujuan pembelajaran dapat tercapai dengan cepat, efektif, dan efisien. Media merupakan faktor penting dalam proses pembelajaran karena membantu menyampaikan pesan dan informasi. Media pembelajaran juga memperkaya materi dan membuatnya lebih menarik, sehingga mendukung peningkatan keterampilan mahasiswa (Pradana, 2020). Media ini dapat berupa bahan, alat, atau perangkat digital yang digunakan dalam interaksi antara dosen dan mahasiswa untuk mencapai hasil belajar yang berkualitas (Lisaniyah, 2020).

Digitalisasi pendidikan memanfaatkan teknologi dalam berbagai aspek sistem pembelajaran, dari kurikulum hingga administrasi. Teknologi ini memudahkan akses pendidikan di daerah terpencil dan membantu mahasiswa mendapatkan materi dengan mudah melalui internet, tanpa selalu bergantung pada pertemuan tatap muka (Zikrillah, 2019). Penggunaan gadget untuk belajar juga lebih diminati oleh mahasiswa dibandingkan membawa buku fisik yang berat, sehingga pendidikan berbasis digital semakin berkembang.

Perkembangan digitalisasi juga mengubah metode pendidikan yang sebelumnya hanya bergantung pada dosen

sebagai sumber informasi. Dengan hadirnya internet, mahasiswa dapat dengan mudah mengakses berbagai sumber informasi. Digitalisasi diharapkan dapat membantu pengajar mengembangkan materi pembelajaran melalui visualisasi yang didukung komputer. Teknologi digitalisasi juga membuat informasi lebih mudah diakses oleh semua kalangan, terutama di era milenial yang sangat bergantung pada teknologi informasi.

Digitalisasi pendidikan menawarkan banyak manfaat, seperti fleksibilitas waktu belajar, kapasitas tak terbatas untuk menampung peserta didik, dan pembelajaran yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu. Pengelolaan digitalisasi dalam pendidikan mencakup pemanfaatan teknologi secara optimal untuk meningkatkan proses belajar mengajar (Piopiunik et al., 2020).

Media pembelajaran telah berkembang secara signifikan dengan kemajuan teknologi. Sebelumnya terbatas pada buku teks, gambar, dan papan tulis, kini media pembelajaran menjadi lebih interaktif dan bervariasi. Buku teks digital, video pembelajaran, simulasi interaktif, dan perangkat lunak pendidikan telah menggantikan metode tradisional. Media pembelajaran digital juga memungkinkan akses lebih luas ke sumber daya, personalisasi pembelajaran, dan kolaborasi antar siswa melalui platform online (Saktii, 2023).

### **3.2.1 Manfaat dan dampak digitalisasi dalam pembelajaran Bahasa Arab dan budaya Arab antara lain:**

- a) Perubahan cepat di era digital tidak hanya memengaruhi, tetapi juga mengubah gaya hidup masyarakat, yang pada akhirnya tak terhindarkan. Artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi pentingnya digitalisasi pendidikan di kampus dalam menghadapi revolusi industri 4.0 menuju era 5.0. Pentingnya digitalisasi dalam pendidikan tinggi adalah untuk: (1) memenuhi kebutuhan ilmu yang terus berkembang, (2) meningkatkan kualitas pembelajaran mahasiswa, (3) membekali mahasiswa dengan empat kemampuan penting: kreativitas, komunikasi, berpikir kritis, dan kolaborasi, serta (4) mendukung program "merdeka

belajar" yang fleksibel tanpa terikat ruang dan waktu. Di perguruan tinggi, digitalisasi dapat membantu proses pembelajaran virtual tanpa mengurangi esensi materi yang disampaikan melalui platform daring yang fleksibel.

- b) Teknologi telah mengubah pendidikan tradisional menjadi lebih modern, dengan berbagai dampak positif, meski tetap ada sisi negatifnya. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber daya manusia yang mampu mengelola teknologi dengan baik agar teknologi dapat digunakan secara maksimal dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Pembelajaran berbasis digital memberikan pemahaman bahwa jarak tidak lagi menjadi penghalang dalam interaksi belajar-mengajar antara dosen dan mahasiswa. Di era keterbukaan informasi saat ini, literasi digital menjadi sangat penting, dan kemampuan untuk menggunakan perangkat teknologi sudah menjadi kebutuhan yang tidak terelakkan.

Ada banyak manfaat positif yang muncul dari perkembangan teknologi, antara lain: 1) menyelesaikan pekerjaan dengan lebih mudah dan cepat; 2) memudahkan komunikasi dengan orang lain melalui e-mail, chat, atau bahkan pembicaraan langsung melalui internet, yang sering disebut videocall; 3) terbentuknya berbagai komunitas di internet yang bermanfaat untuk menjalin silaturahmi dan relasi baru; 4) memudahkan pencarian informasi yang diperlukan; 5) memungkinkan berbelanja secara online; 6) akses internet yang kini lebih mudah dan terjangkau; dan 7) menawarkan hiburan, seperti permainan daring dan lainnya.

Namun, terdapat juga dampak negatif, seperti: 1) munculnya penipuan melalui telepon, SMS, dan internet; 2) kemudahan akses ke konten pornografi; 3) maraknya penjiplakan (plagiarisme); 4) kejahatan siber, seperti pembobolan rekening dan kartu kredit (hacker); 5) meningkatnya gaya hidup konsumtif; 6) penyebaran perjudian online; 7) informasi yang salah (misinformation); dan 8) ketidakpedulian dalam menjalankan kewajiban belajar, beribadah, dan lain-lain. Perkembangan teknologi ini menuntut kita untuk lebih bijak dalam mengontrol penggunaannya agar tetap berada di jalur yang positif.

### **3.2.2 Inovasi Pembelajaran Masyarakat Arab Berbasis Digitalisasi**

#### **a. Inovasi dalam Metode Pembelajaran.**

Inovasi dalam pembelajaran berarti mengemas pembelajaran secara kreatif dan menyenangkan oleh guru atau instruktur, dengan tujuan membantu siswa meraih kemajuan dalam proses dan hasil belajar. "*Learning is fun*" adalah prinsip yang diterapkan dalam pembelajaran inovatif, yang dapat menghilangkan sikap pasif, tekanan, dan rasa bosan. Metode inovatif ini juga dapat membantu menyeimbangkan fungsi otak kiri dan kanan melalui penggunaan teknologi. Dengan inovasi ini, mahasiswa diharapkan dapat berpikir kritis, memecahkan masalah, dan bekerja sama dalam tim.

Pembelajaran inovatif yang mengelola media teknologi dalam proses pembelajaran dapat membantu menyeimbangkan fungsi otak kiri dan kanan. Jadi, ada proses membangun rasa percaya diri pada mahasiswa. Diharapkan mahasiswa memiliki kemampuan untuk berpikir kritis dan memecahkan masalah case method (studi kasus) melalui pembelajaran inovatif dan mampu menggunakan penalaran yang jelas saat mempelajari sesuatu, mudah membuat pilihan dan membuat keputusan. Ini dapat dicapai karena memiliki pemahaman yang relevan dengan masalah yang dihadapinya. Pemecahan masalah yang lebih baik dapat dicapai melalui kemampuan untuk menemukan pertanyaan yang tepat dan menjawab pertanyaan dengan menganalisis data yang diperoleh. Mahasiswa yang memiliki ciri-ciri ini dapat menunjukkan kemampuan mereka untuk bekerja secara efektif dalam tim yang beraneka ragam dan kemampuan berdiskusi secara baik (Happyanto, 2013).

#### **b. Penggunaan e-learning dan blended learning**

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi berperan besar dalam memajukan pendidikan. Guru sebagai fasilitator harus beradaptasi dengan teknologi agar proses pembelajaran menjadi lebih berkualitas. Undang-undang tentang Guru dan Dosen yang mewajibkan kualifikasi S1 untuk guru dan S2 bagi dosen, diharapkan dapat meningkatkan mutu pendidikan. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah blended learning, yang

menggabungkan pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran daring (e-learning). Dosen yang kreatif akan memanfaatkan teknologi ini untuk menciptakan pembelajaran yang lebih fleksibel, interaktif, dan dinamis.

**c. Pembelajaran berbasis proyek dalam studi masyarakat Arab**

Model pembelajaran berbasis proyek dan case method (studi kasus) mengharuskan mahasiswa melakukan penelitian secara mandiri, mengumpulkan data, menganalisis, dan menyampaikan hasilnya. Dalam studi masyarakat Arab di kota Medan ataupun di Indonesia dan di dunia global, misalnya, mahasiswa dapat mempelajari kebudayaan Arab seperti bahasa, sistem sosial, dan budaya sehari-hari. Pembelajaran ini melibatkan tahap persiapan, penyusunan proyek, monitoring, serta evaluasi hasil. Proses pembelajaran berbasis proyek dibagi menjadi tiga tahap. Salah satu contohnya adalah pembelajaran Bahasa Arab di kelas, yang dibagi menjadi tiga tahap: pembelajaran di dalam kelas, kegiatan di luar kelas, dan pembelajaran di dalam kelas kembali (Anggraini et al., 2020).

**d. Platform Digital untuk Pembelajaran melalui MOOC**

Di era baru, mahasiswa memiliki lebih banyak kesempatan untuk belajar secara mandiri menggunakan teknologi, salah satunya melalui Massive Open Online Courses (MOOC). MOOC memungkinkan pembelajar untuk mengikuti kursus tentang topik tertentu secara daring dan terbuka, meskipun masih ada tantangan dalam memaksimalkan keterlibatan pembelajar. Platform pendidikan seperti Massive Open Online Courses (MOOC), ditawarkan secara terbuka oleh banyak penyelenggara, baik organisasi pendidikan maupun bisnis.

Materi disampaikan secara terbuka kepada masyarakat yang berminat melalui kelas online, yang merupakan inovasi pembelajaran dengan menghubungkan pengajar dan pembelajar melalui berbagai media seperti gambar, teks, audio, dan video untuk saling melengkapi (Abbakumov et al., 2018). Dalam model pembelajaran MOOC, peserta didik dapat memperoleh pengetahuan, menjelajahi informasi, berbagi pengalaman dengan pembelajar lain, mengikuti ujian, dan mendapatkan sertifikat

berdasarkan hasil ujian. Namun, pembelajaran melalui MOOC masih menghadapi tantangan seperti memaksimalkan partisipasi aktif dari awal hingga akhir, menyesuaikan waktu belajar dengan kebiasaan peserta, meningkatkan keterlibatan dalam pembelajaran online (Malek, 2017), serta memilih konten yang sesuai dengan capaian pembelajaran (Borrás-Gené, 2019; Zhu & Bonk, t.t.). Beberapa lembaga menawarkan layanan pembelajaran melalui MOOC dengan variasi, seperti open content (Brahimi & Sarirete, 2015), open courseware (Allison et al., 2012), *open education* (Bertrand et al., 2019), dan *open certified* (Gardair et al., 2017). *Open content* menyediakan materi pengetahuan, *open courseware* berfokus pada materi kuliah, *open education* mencakup pembelajaran yang disusun lengkap sesuai Standar Nasional Pendidikan Tinggi, mulai dari proses pembelajaran hingga evaluasi. *Open education* ini membuka peluang besar untuk kolaborasi MOOC antar perguruan tinggi, melibatkan dosen, mahasiswa, dan berbagai institusi pendidikan. Dengan melibatkan dosen dari berbagai disiplin ilmu, pembelajaran menjadi lebih dinamis dan memperkaya wawasan serta pengalaman peserta. Diskusi dalam pembelajaran kolaboratif lebih interaktif, memberikan mahasiswa kesempatan belajar dari satu sama lain, bahkan dosen pun mendapatkan wawasan baru dari mahasiswa. *Open certified* menawarkan program sertifikasi profesi bagi mahasiswa melalui lembaga sertifikasi profesional.

#### **e. Integrasi aplikasi mobile dan media sosial dalam pembelajaran**

Mobile Learning (M-Learning) adalah konsep pembelajaran yang memanfaatkan perangkat mobile seperti smartphone dan tablet, memungkinkan siswa belajar kapan saja dan di mana saja. Konten yang awalnya hanya berupa teks dan gambar kini berkembang menjadi video, audio, dan animasi.

#### **f. Penggunaan Realitas Virtual (VR) dan Augmented Reality (AR)**

Dalam pembelajaran, VR dan AR dapat digunakan untuk menciptakan simulasi budaya dan sejarah Arab. Teknologi ini memungkinkan siswa merasakan pengalaman langsung, seperti "berjalan" melalui peristiwa sejarah atau mengamati bangunan

kuno, sehingga membuat pembelajaran lebih interaktif dan imersif. Dosen memiliki kemampuan untuk mengajak mahasiswa kembali ke periode sejarah tertentu melalui pengalaman virtual, memungkinkan mereka untuk "berjalan" di tengah peristiwa sejarah tersebut. Pendekatan ini tidak hanya membuat pembelajaran lebih hidup dan relevan, tetapi juga membantu mahasiswa membangun hubungan emosional dengan materi yang dipelajari. Konsep pembelajaran tradisional yang bersifat statis, di mana mahasiswa hanya duduk mendengarkan kuliah atau membaca buku, kini telah digantikan oleh pengalaman pembelajaran yang imersif dan interaktif. Dulu, mahasiswa hanya dapat membayangkan bangunan kuno atau organ tubuh manusia melalui gambar-gambar di buku. Namun, dengan teknologi Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR), mereka sekarang dapat "memasuki" struktur tersebut, menjelajahi setiap detail, dan berinteraksi secara langsung. Teknologi ini menciptakan pengalaman belajar yang lebih nyata, mendorong mahasiswa untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran.

Dosen dan mahasiswa dapat memanfaatkan teknologi ini sebagai alat dinamis untuk menyampaikan materi pembelajaran dengan cara yang lebih visual, kreatif, dan menarik. Contohnya, dalam pelajaran biologi, mahasiswa bisa menggunakan headset VR untuk "mengamati" proses fotosintesis secara langsung atau melihat sel pada skala mikroskopis. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keterlibatan mahasiswa, tetapi juga memperluas pemahaman mereka terhadap materi, memungkinkan pembelajaran yang lebih mendalam dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang penggunaan AR dan VR dalam pendidikan menjadi semakin penting untuk mengidentifikasi potensi penuh teknologi ini serta merumuskan strategi yang efektif untuk meningkatkan penerapannya di masa depan. Artikel ini diharapkan dapat memberikan analisis dampak AR dan VR serta menyajikan rekomendasi untuk memaksimalkan manfaat penggunaannya dalam dunia pendidikan (Evanick, 2023).

### 3.2.3 Beberapa Aplikasi Pembelajaran Bahasa Arab dan Budaya

Perkembangan teknologi di era globalisasi adalah hal yang tidak dapat dihindari. Kemajuan teknologi yang merata dan semakin meluas di berbagai sektor kehidupan, termasuk pendidikan, mengharuskan manusia untuk mengikuti perkembangan tersebut. Teknologi dalam pendidikan dapat menjadi komponen penting dalam setiap kegiatan pembelajaran. Inovasi baru bermunculan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sebagai dampak dari kemajuan teknologi termasuk beberapa aplikasi pembelajaran bahasa arab dan budaya antara lain yaitu;

#### 1. **\*\*Belajar Bahasa Arab – FunEasyLearn**

(<https://arabic-fun-easy-learn.id.uptodown.com/android>)

Aplikasi FunEasyLearn untuk belajar bahasa Arab memudahkan peminat bahasa untuk belajar secara praktis. Aplikasi ini memungkinkan Anda belajar membaca, berbicara, dan menulis dalam bahasa Arab untuk keperluan bisnis, perjalanan, atau untuk meningkatkan kemampuan berbahasa asing Anda.



#### 2. **Learn Arabic for Beginners**

(<https://arabicforbeginners.com/>)

Zeemish Labs membuat aplikasi Learn Arabic for Beginners. Aplikasi ini masih sangat populer hingga saat ini, dan banyak pengguna telah mengunduhnya. Hal ini tidak mengherankan karena antarmuka penggunaannya mudah digunakan dan mudah digunakan. Anda dapat belajar berbicara, menulis, dan membaca Arab dengan cepat dan mudah. Aplikasi ini memungkinkan Anda mempelajari bahasa Arab dari dasar, yang membuatnya ideal untuk pemula. Anda dapat mempelajari ribuan kosakata, dari yang sederhana

hingga yang lebih kompleks. Selain itu, Anda dapat menggunakan penerjemah bahasa Arab dalam aplikasi ini.



### 3. Duolingo

Aplikasi **Duolingo**, merupakan salah satu aplikasi paling populer untuk belajar bahasa asing, termasuk bahasa Arab, adalah Duolingo. Sangat populer karena metode pembelajarannya yang mudah dan cepat. Dengan Duolingo, siswa tidak akan bosan dan akan tetap termotivasi selama proses belajar. Tantangan harian juga mendorong pengguna untuk terus berinteraksi dengan aplikasi ini.



### 4. Memrise (<https://www.memrise.com/en/learn-arabic>)

Belajar bahasa asing, seperti bahasa Arab, salah satu aplikasi yang paling disukai banyak orang adalah Memrise. Kenapa? Dengan fitur unik dan menyenangkan seperti belajar langsung dari penutur asli, penggunaan aplikasi secara offline, dan mencoba menjadi pengisi suara, Memrise memberi pengguna kesempatan untuk mencobanya. Meskipun versi yang berbayar memiliki fitur menarik tersebut, Memrise adalah pilihan yang bagus untuk mereka yang ingin belajar bahasa dengan rajin. Selain itu, Memrise menawarkan konsep yang diajarkan berulang, sehingga Anda dapat dengan mudah mengingat kosakata penting. Dengan Memrise, belajar bahasa Arab tetap menyenangkan sambil

bermain game.



## 5. AlifBee (<https://www.alifbee.com/en>)

Lebih dari 400.000 orang telah mengunduh AlifBee, aplikasi Android terbaik untuk belajar bahasa Arab. Aplikasi ini menawarkan banyak materi bahasa Arab yang dapat dipelajari setiap hari. Materi ini terdiri dari lebih dari seratus sesi yang dibagi menjadi sekitar sepuluh tahapan atau level pembelajaran yang berbeda. Agar Anda tidak bosan belajar, AlifBee juga menyediakan kuis dalam bahasa Arab untuk diikuti.



## 6. Bahasa Arab A1 untuk Pemula

(<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mo biteach.arab&hl=ms>)

Bahasa Arab A1 untuk Pemula adalah pilihan yang baik untuk mereka yang ingin memperluas pengetahuan mereka dan mulai mempelajari bahasa Arab dari nol. Banyak materi percakapan bahasa Arab yang dapat Anda pelajari dan gunakan dalam aplikasi ini. Percakapan tentang hal-hal seperti rumah, transportasi, cuaca, pekerjaan, pendidikan, dll. Aplikasi ini merekomendasikan agar pengguna belajar selama lima hingga dua puluh menit setiap hari.

## 7. Percakapan Bahasa Arab Lengkap

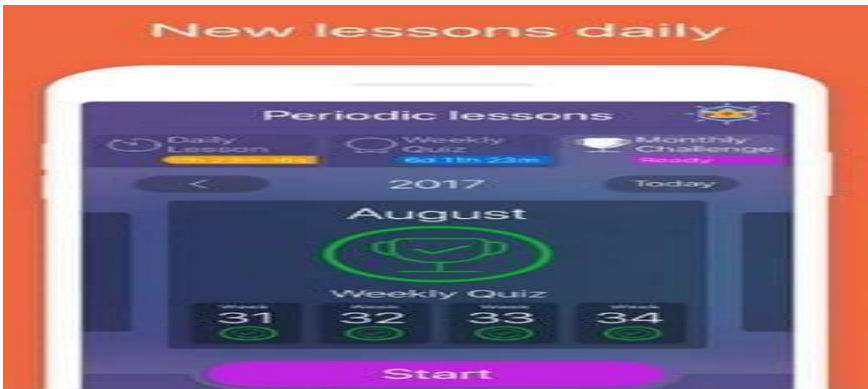
Aplikasi ini berisi percakapan dalam bahasa Arab yang dapat Anda pelajari. Aplikasi ini memiliki banyak tema percakapan, sehingga cocok bagi mereka yang masih pemula belajar bahasa Arab. Selain itu, ada fitur menarik lainnya, seperti fitur untuk belajar tata bahasa Arab, yang memungkinkan pembelajar tingkat menengah menggunakannya sebagai referensi.



## 8. Mondly (<https://www.mondly.com/learn-arabic-online>)

Selanjutnya, ada aplikasi Mondly, yang mendukung banyak bahasa, termasuk bahasa Arab, dan berfokus pada pembelajaran percakapan dan membangun basis tata bahasa dan kosakata.

Mondly juga memiliki fitur berbayar dan cocok bag, serta statistik belajar, leaderboard untuk motivasi, dan pembelajaran frasa.



### 9. Belajar Bahasa Arab Praktis

Aplikasi Belajar Bahasa Arab Praktis ini akan mengajarkan Anda tentang ilmu tata bahasa Arab dan kosakata yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi ini memiliki penjelasan pelajaran yang mudah dipahami dan kosakata yang dilengkapi dengan gambar membuatnya mudah diingat. Bagi pemula yang ingin belajar dasar-dasar bahasa Arab, Aplikasi Belajar Bahasa Arab Praktis adalah pilihan yang bagus.

No	Nama Warna	Warna	Mudzakkar ( Muannats (	
			( مذكّر )	( مؤنث )
1	Hitam		أسود	سوداء
2	Putih		أبيض	بيضاء
3	Merah		أحمر	حمراء
4	Biru		أزرق	زرقاء
5	Hijau		أخضر	خضراء
6	Kuning		أصفر	صفراء
7	Orange		برتقالي	برتقالية
8	Ungu		بنفسجي	بنفسجية
9	Abu-Abu		رمادي	رمادية
10	Merah Muda/Pink		وردي	وردية

## 10. Kamus Arab Indonesia

Kamus Arab Indonesia merupakan sumber utama untuk mempelajari kata-kata. Jika sebelumnya Anda menghadapi kesulitan membuka kamus dalam buku, sekarang Anda dapat melakukannya melalui aplikasi yang sederhana dan mudah digunakan. Salah satu alat utama untuk belajar bahasa Arab adalah kamus Arab Indonesia. Anda hanya perlu mengunduh dan memasang aplikasi tersebut di ponsel pintar Anda. Setelah itu, mulai belajar bahasa Arab dengan mencari kata-kata dalam bahasa Indonesia. Karena mudah digunakan, kamus ini cocok untuk banyak orang. Selain itu, salah satu aplikasi untuk belajar bahasa Arab ini menawarkan penjelasan yang cukup rinci untuk setiap kata dan idiom yang Anda cari.



## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Bahasa Arab memegang peran penting di era Society 5.0, bukan hanya sebagai alat komunikasi, tetapi juga sebagai sarana untuk memahami peradaban dan budaya Arab yang kaya. Dengan semakin besarnya peran negara-negara Timur Tengah dalam politik dan ekonomi global, pemahaman bahasa ini menjadi semakin krusial. Teknologi berbasis Bahasa Arab harus terus dikembangkan

agar bisa terintegrasi ke dalam ekosistem digital. Selain itu, kemampuan berbahasa Arab membuka peluang di berbagai sektor, seperti pendidikan, bisnis, dan diplomasi, sekaligus menjadi jembatan antara tradisi dan inovasi di era Society 5.0.

Bahasa Arab juga merupakan fondasi utama untuk memahami agama Islam, yang memainkan peran signifikan dalam kehidupan banyak masyarakat. Di era Society 5.0, pemahaman terhadap nilai-nilai keagamaan ini dapat memberikan dasar kuat dalam menghadapi tantangan etika dan moral yang muncul seiring dengan kemajuan teknologi. Penguasaan Bahasa Arab memberikan keunggulan di bidang pendidikan, memudahkan akses terhadap literatur dan sumber daya pendidikan, yang memperkaya pengetahuan di era digital ini.

Bahasa Arab juga semakin berperan di media sosial, sebagai alat untuk menyebarkan ide, berbagi informasi, dan mendorong perubahan sosial, berkontribusi dalam arus informasi global. Namun, globalisasi menantang keberlangsungan Bahasa Arab, sehingga penting untuk mempertahankannya di era Society 5.0. Bahasa Arab memiliki peran penting dalam Al-Qur'an, hadis, dan ibadah salat, serta menjadi bahasa resmi di negara-negara Arab dan Timur Tengah, juga salah satu bahasa resmi PBB sejak 1973. Bahasa Arab juga telah memperkaya kosakata Bahasa Indonesia dengan istilah seperti "akal fikiran," "lahir batin," "takwa," dan "rahmat."

Bahasa Arab digunakan di sekitar 20 negara di Timur Tengah dan Jazirah Arab, dengan kontribusi penting dalam percakapan internasional. Teknologi informasi dan komunikasi memainkan peran besar dalam mempercepat proses pembelajaran Bahasa Arab, terutama di era Revolusi Industri 4.0. Pembelajaran Bahasa Arab melalui media digital seperti internet dan komputer memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik dibandingkan metode konvensional.

Kesenjangan dalam penguasaan teknologi informasi dapat menyebabkan ketidakmerataan dalam pengetahuan, termasuk dalam akses informasi. Oleh karena itu, penting untuk memanfaatkan teknologi informasi dalam pendidikan dan pembelajaran Bahasa Arab. Tiga model utama dalam pembelajaran

yang relevan di era Society 5.0 adalah literasi data, literasi teknologi digital, dan literasi manusia.

Secara akademis, Bahasa Arab dapat menjadi jembatan antara tradisi dan inovasi, menggabungkan warisan intelektual Arab dengan konsep modern. Dalam sektor pariwisata, kemampuan berbahasa Arab dapat meningkatkan pengalaman wisatawan, memperdalam interaksi budaya, serta memberikan manfaat ekonomi bagi destinasi yang mengadopsi Bahasa Arab.

Posisi Bahasa Arab di era Society 5.0 tidak hanya terkait dengan bahasa itu sendiri, tetapi juga meluas ke ranah budaya, ekonomi, dan teknologi. Memperkuat dan mengembangkan peran Bahasa Arab di era ini menjadi sangat penting untuk memastikan warisan dan kontribusinya tetap terjaga di masa depan.

Budaya Arab memiliki pengaruh besar bagi umat Islam di seluruh dunia, terutama dalam aspek ibadah, zikir, arsitektur masjid, dan bahasa serapan. Beberapa ciri khas budaya Arab meliputi tradisi makan, pakaian perempuan seperti abaya dan cadar, pakaian pria, basa-basi sosial, tradisi iftar, menerima tamu, serta prioritas keluarga dalam kehidupan sosial. Tradisi pernikahan seperti khitbah (lamaran), alfatihan (penyematan cincin), ijab kabul, dan walimah juga menjadi bagian penting dari budaya ini. Selain itu, seni seperti kaligrafi, henna, dan musik Arab sangat populer.

Inovasi dalam pembelajaran Bahasa Arab, melalui pendekatan yang menyenangkan dan relevan dengan generasi muda di era globalisasi, menjadi sebuah transformasi yang harus diterapkan. Digitalisasi pembelajaran bahasa dan budaya Arab merupakan model yang sesuai dengan perkembangan teknologi. Pembelajaran Bahasa Arab secara online atau digital bisa melalui beberapa model, yang dikenal sebagai "literasi baru," yang terdiri dari tiga jenis literasi: literasi data, literasi teknologi, dan literasi manusia, yang relevan bagi masyarakat Indonesia di era Revolusi Industri 5.0.

Inovasi pembelajaran berbasis digital dapat diterapkan di perguruan tinggi, termasuk metode pembelajaran seperti e-learning dan blended learning, pembelajaran berbasis proyek di bidang studi masyarakat Arab, penggunaan platform digital seperti MOOCs, serta integrasi aplikasi mobile dan media sosial. Teknologi seperti

virtual reality (VR) dan augmented reality (AR) juga memiliki potensi besar dalam mendukung pembelajaran.

Inovasi dalam pembelajaran Bahasa Arab berbasis digital terlihat melalui berbagai aplikasi seperti FunEasyLearn, Learn Arabic for Beginners, Duolingo, Memrise, dan lainnya. Aplikasi-aplikasi ini memudahkan pengguna untuk mempelajari Bahasa Arab secara praktis menggunakan smartphone, komputer, laptop, atau perangkat lainnya.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat telah mempengaruhi seluruh dunia, sehingga teknologi ini kini menjadi bagian penting dalam pembelajaran. Penggunaan teknologi untuk mendukung pembelajaran Bahasa Arab, terutama bagi generasi milenial, akan membantu meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia, sejalan dengan pembangunan nasional.

## V. Daftar Pustaka

- Ghazzawi, S. 1992. *The Arabic Language in the Classroom*, 2nd.Edn. Washington DC : Goergetown University.
- Lisaniyah, Fashi Hatul dan Ummidlatu Salamah. 2020. MEDIA PEMBELAJARAN BAHASA ARAB BERBASIS DIGITAL 4.0 (KAHOOTDAN SOCRATIVE). jurnal Premiere Vol 2 No 2| Tahun 2020
- Pradana, Dian. 2020. *Pengembangan video animasi pembelajaran Subtema pembentukan karakter untuk siswa SDLB Tunarungu*. JINOTEP Vol 7 (2) (2020): 96. JINOTEP (Jurnal Inovasi Teknologi Pembelajaran) Kajian dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran. <http://journal2.um.ac.id/index.php/jinotep/index>
- Zikrillah. 2019. "Digitalisasi Pendidikan Zaman Now", Kompasiana, 3 Desember
- Sakti, Abdul. 2023. *Meningkatkan Pembelajaran Melalui Teknologi Digital* iJurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT) . Vol.2, No.2, Mei 2023 e-ISSN: 2963-7813; p-ISSN: 2963-8178, Hal 212-219.
- Piopiunik, M, G Schwerdt, L Simon and L Woessman, (2020), Skill, signals and employability: on daring. Jakarta : : PAU-PPAI, Universitas Terbuka). ...

- Happyanto, Rixky. 2013. Pembelajaran Inovatif. Jakarta : Duplish.
- Anggraini, P. D., & Wulandari, S. S. (2020). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Project Based Learning Dalam Peningkatan Keaktifan Siswa. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 9(2), 292–299. <https://doi.org/10.26740/jpap.v9n2.p292-299>
- Abbakumov, D., Desmet, P., & den Noortgate, W. Van. (2018). Measuring student's proficiency in MOOCs: Multiple attempts extensions for the Rasch model. *Heliyon*, 4 (12), e01003. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01003>
- D. Malek, Ahmad, 2017, Analisa Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Minat Masyarakat Berinvestasi Di Pasar Modal Syariah Melalui Bursa Galeri. *Investasi UISI, Jurnal Ekonomi dan Bisnis Islam*, Vol. 3, No. 1, Januari-Juni 2017.
- Borrás-Gené, O. (2019). Empowering MOOC participants: Dynamic content adaptation through external tools. Dalam *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*: Vol. 11475 LNCS. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19875-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19875-6_14)
- Brahimi, T., & Sarirete, A. (2015). Learning outside the classroom through MOOCs. *Computers in Human Behavior*, 51, 604–609. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.013>
- Bejinaru: 2019. Impact of digitalization on education In *The Knowledge Economy*
- Allison, C., Miller, A., Oliver, I., Michaelson, R., & Tiropanis, T. (2012). The Web in education. *Computer Networks*, 56 (18), 3811–3824. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.09.017>
- Gardair, C., Bousquet, G., de Bazelaire, C., Lehmann-Che, J., de Cremoux, P., Nhieu, J. T. Van, Battistella, M., Sockeel, M., Calvani, J., Peuchmaur, M., Molina, T., Gervais, J., Moenaert, E., Pottier, Y., Prévaut, L., Sekri, K., & Bertheau, P. (2017). Massive open online course (MOOC) sur le diagnostic des cancers: Bilan et évaluation de l'impact sur la perception de l'anatomie et cytologie pathologiques. *Annales de Pathologie*, 37 (2), 144–150. <https://doi.org/10.1016/j.annpat.2017.02.001>

- Bertrand et al., 2019 *Open enrollment and disrupting the political ecology of US public education.* DR Garcia, MO Hom, M Bertrand - Thinking Ecologically
- Evanick, J. 2023. "Immersive Learning: How Virtual And Augmented Reality Are Transforming Higher Education," eLearning Industry, 27 Juni 2023. [Online]. Available: <https://elearningindustry.com/immersive-learning-how-virtual-and-augmented-reality-transforming-higher-education>
- Al-Baba, Kamil. 1992. *Dinamika kaligrafi Islam*. Jakarta : Darul Ulum Press.
- Sirojuddin. AR, 1992. *Seni Kaligrafi Islam*. Jakarta : Multi Kreasi Singgasana.
- Ahmad Tosepu, Yusrin. 2018. " Digitalisasi Pendidikan (Telaah Dunia Pendidikan menuju Transformasi Digital) ". [yusrintosepu.wixsite.com/yo.es](http://yusrintosepu.wixsite.com/yo.es).

## VI. Profil singkat penulis



- Nama : Prof. Pujiati M.Soc. Sc Ph.D
- Bidang ilmu dan Fakultas : Guru Besar tetap bidang Ilmu Telaah Pranata Sosial Masyarakat Arab, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Sumatera Utara
- Riwayat pendidikan : S1 Sastra Arab USU lulus pada tahun 1986.  
S2 di Universiti Sains Malaysia Pulau Pinang tamat tahun 1996 bidang kajian Budaya dan agama (Antropologi/sosiologi)  
S3 di Universiti Sains Malaysia Pulau Pinang tamat tahun 2007, bidang kajian

Budaya dan gender (Antropologi dan Sosiologi).

Riwayat pekerjaan : Diterima PNS sebagai staf pengajar Sastra Arab USU di Fakultas Sastra/FIB Universitas Sumatera Utara sejak tahun 1988 sampai dengan sekarang dan menjadi guru besar USU terhitung mulai tanggal 1 Desember 2016 yang ditetapkan oleh Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Republik Indonesia.

Dll yang dianggap perlu :

Pembicara pada The 16th Annual International Conference on Islamic Studies (AICIS) 2016 di Lampung yang diselenggarakan oleh Kementerian Agama Republik Indonesia, dihadiri oleh peneliti kajian Islam dari Timur Tengah, Amerika, Eropa, Australia, Asia, dan Asia Tenggara pada 1-4 November di IAIN Raden Intan Lampung. Pembicara pada Seminar Internasional Muktamar IMLAVII/PINBA XIV di Lombok pada 19-23 September 2023, serta di Seminar Nasional PPSI di Universitas Hasanuddin Makassar pada 25-26 Agustus 2023. Juga menjadi pembicara di acara DHD 45, narasumber seminar internasional di Prodi S2 Sejarah FIB USU tahun 2023, narasumber gender di PSGA (Pusat Studi Gender dan Anak) USU pada 19 Desember 2023, dan pembicara di workshop adat Melayu di Kabupaten Langkat pada 25 Agustus 2024 yang diselenggarakan oleh Kemendikbud RI Jakarta, Direktur Kepercayaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa dan Masyarakat Adat. Pernah menjabat sebagai Ketua Prodi Sastra Arab pada 2011-2015. Pada periode ini, Prodi Sastra Arab USU berhasil meraih dan mempertahankan akreditasi A dari BAN-PT untuk tahun 2015-2020 dan memperoleh sertifikat internasional ISO pada tahun 2016. Aktif dalam tugas edukatif di FIB USU pada program S1, S2, dan S3 di Sastra Arab USU (S1), Linguistik (S2 dan S3), Ilmu Sejarah (S2), Sosiologi (S2) FISIP USU, dan Antropologi Sosial (S2) di UNIMED, serta menjalankan tugas penelitian dan pengabdian masyarakat. Penghargaan yang telah diterima antara lain: Dosen

Teladan II USU pada 1997, Dosen Teladan III pada 2008, Ketua Prodi Berprestasi II Tingkat USU pada 2015, serta tanda kehormatan Satyalancana Karya Satya X dari Presiden RI pada 1999 dan Satyalancana Karya Satya XX pada 2024. Aktif sebagai reviewer pengabdian masyarakat di USU dan penelitian USU sejak 2017 dan peneliti skema PTUPT DRPM DIKTI untuk periode 2018-2020. Pernah menjadi peneliti Hibah Bersaing DIKTI pada 2009 dan 2010, serta mengikuti Program Academic Recharging (PAR B) DIKTI di Nanyang Technological University, Singapura, selama 3 bulan pada 2009 untuk penulisan buku. Pada 2012, menerima Hibah DIKTI Program IBIK pengabdian. Ditugaskan menjadi Sekretaris Komisi IV pada 2020-2024, dan kini menjabat sebagai Ketua Komisi IV Dewan Guru Besar Universitas Sumatera Utara (2024–2028). Juga menjabat sebagai Ketua Program Studi S2 Ilmu Sejarah FIB USU periode 2021–2026. Telah mengikuti Short Course Training di Giza, Mesir, selama sebulan pada Januari-Februari 2020. Menjadi narasumber pada Workshop Guru Besar Kahmi dan di Amerika Serikat pada 12-22 Oktober 2022 di beberapa institusi seperti Embassy of Indonesia in Washington, DC, ITIC Washington, Harfour University, IIIT, dan ISABET Academic. Kunjungan akademik dilakukan ke Kyoto University Hospital and Center for Southeast Asian Studies di Jepang pada 17-24 Mei 2024, dan tour akademik ke Kuwait pada 19-24 September 2024 sebagai narasumber di KBRI Kuwait, atas undangan Kedutaan Besar Turki, serta bertemu dengan Ketua Prodi Bahasa dan Budaya di Kuwait.

# **Komunikasi Inovasi Elsimil dalam Upaya Meningkatkan Pengetahuan Pendewasaan Usia Perkawinan (PUP) di Sumatera Utara**

**Lusiana Andriani Lubis**

## **1. Pendahuluan**

Perkawinan anak usia dini masih tergolong tinggi di Indonesia, khususnya bagi perempuan dengan resiko kematian akibat komplikasi saat kehamilan dan melahirkan dibandingkan perempuan dewasa. Kegagalan dalam mencapai kesejahteraan psikologis meningkat pada remaja yang menikah pada usia dini dalam penyelesaian konflik rumah tangga karena berkaitan dengan kematangan emosional individu. Hal ini tentu memberikan dampak negatif bagi pernikahan yang dapat menimbulkan suasana yang tidak menyenangkan dan rumah tangga yang tidak bahagia.

Indonesia tentu akan mengalami masa bonus demografi dari tahun 2020-2035 dan masa puncaknya dari tahun 2028-2030 karena tingkat kecerdasan yang buruk dan produktivitas yang rendah. Bonus demografi adalah keadaan rasio jumlah penduduk jumlah penduduk. Stunting adalah kondisi di mana tinggi badan seorang anak berdasarkan usia dan jenis kelaminnya tidak sesuai dengan standar WHO berdasarkan Dewey dan Begum di dalam Triono (2015). Selain tinggi badan anak, stunting juga berpengaruh terhadap perkembangan sel otak yang dapat menghambat tingkat kecerdasan serta produktivitas.

Data Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas, 2020)<sup>2</sup> menemukan 400-500 ribu anak usia 10-17 tahun berisiko mengalami pernikahan dini akibat orang tua yang tidak memiliki kemampuan untuk memenuhi kebutuhan keluarganya selama pandemi covid-19. Disisi lain menurut Setyawan (2016 : 17)<sup>3</sup>, untuk memenuhi tugas perkembangan remaja dengan baik, perkembangan sosial emosional remaja harus dipenuhi. Tugas-tugas tersebut harus dipenuhi agar dapat membangun fondasi bagi kesejahteraan psikologis dan kebahagiaan individu.

Pada aspek perkembangan emosional, kesejahteraan psikologis dan kebahagiaan seseorang lebih ditentukan oleh perubahan atau pengalaman emosional yang sering dialaminya. Salah satu program pembangunan yang berkaitan dengan kependudukan permasalahan pernikahan dini adalah Program Keluarga Berencana yang bertujuan mengendalikan jumlah penduduk di antaranya melalui program Pendewasaan Usia Perkawinan (PUP). Pendewasaan Usia Perkawinan bertujuan untuk memberikan pengertian dan kesadaran kepada remaja agar di dalam merencanakan keluarga, mereka dapat mempertimbangkan berbagai aspek berkaitan dengan kehidupan berkeluarga, ditinjau dari aspek kesehatan, ekonomi, psikologi dan agama. Tujuan PUP berimplikasi pada praktik peningkatan usia perkawinan yang lebih dewasa sehingga berdampak pada penurunan TFR (*Total Fertility Rate*), (BKKBN, 2012)<sup>4</sup>.

BKKBN adalah lembaga pemerintah yang menyelenggarakan penyelenggaraan keluarga berencana dan pengendalian penduduk sesuai dengan Undang-Undang Nomor 52 Tahun 2009. Pada tahun 2019 Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana (BKKBN) melakukan *rebranding* dan menentukan secara spesifik target program dari BKKBN yang terfokus kepada generasi remaja. Fauzia (2021:179)<sup>5</sup> dalam penelitiannya menjelaskan bahwa BKKBN telah melakukan empat elemen *rebranding* antara lain *repositioning*, *renaming*, *redesign*, dan *relaunch*. Salah satu yang menarik untuk dibahas yaitu BKKBN menentukan target segmentasi audiens yang berfokus pada generasi remaja millennial dan zillennial serta mengubah pandangan masyarakat tentang BKKBN dari isu-isu fertilitas terkait hamil, melahirkan maupun alat kontrasepsi menjadi "Sahabat Keluarga". Seperti yang disampaikan Muzellec & Lambkin (dalam Amalia, 2012 : 19)<sup>6</sup> bahwa pelaksanaan *rebranding* tidak hanya tentang mengubah identitas, citra dan reputasi sebuah perusahaan, *corporate rebranding* juga merubah filosofi, komunikasi dan strategi dalam komunikasi, perilaku dan simbolisasi organisasi tersebut.

Mamuko & Adnan (2021 : 72)<sup>7</sup> mengungkapkan remaja yang dalam masa usia produktif menjadi sasaran BKKBN, hal ini dikarenakan peran remaja penting untuk masa depan dan

keberlangsungan pembangunan bangsa. Sehingga, seluruh program kerja BKKBN kini berbasis digital untuk memudahkan pelaksanaan program kerja dan dapat tepat sasaran. Kemunculan media baru juga dibarengi dengan kemunculan jejaring sosial yang dapat menghubungkan satu individu dengan individu lainnya walaupun mereka tidak berada dalam satu lokasi yang sama, misalnya Facebook, Whatshapp, Twitter, Instagram, dan lain-lain. Media baru (media sosial) tersebut dapat digunakan sebagai sarana pendidikan dan penyuluhan oleh BKKBN.

Data yang didapatkan dari BPS 2021 proporsi perempuan umur 20-24 tahun yang berstatus kawin atau berstatus hidup bersama sebelum umur 18 tahun di Sumatera Utara terus mengalami penurunan sejak tahun 2019. Pada tahun 2021 diketahui sejumlah 4,82% atau turun dari tahun sebelumnya pada 2020 sejumlah 5,95% dan pada 2019 sejumlah 6,50%. Hal ini menunjukkan keberhasilan BKKBN di Sumatera Utara dalam menekan angka pernikahan dini yang ada di Sumatera Utara sejak tahun 2019 atau setelah pelaksanaan *rebranding* BKKBN dilakukan. Para remaja menjadi kelompok sasaran utama dalam percepatan penurunan stunting, yang kemudian disusul oleh calon pengantin, ibu hamil, ibu pasca persalinan, ibu menyusui dan anak dari usia 0 hingga 59 bulan (BKKBN, 2021). Dengan demikian, sasaran utama pada kelompok remaja adalah tepat karena memiliki potensi untuk merubah perilaku dan menjadi mobilisasi sosial. Di satu sisi, sebagai orang tua di masa depan, remaja menjadi sasaran yang strategus dalam upaya pencegahan stunting.

Pelaksanaan *rebranding* dan penggunaan media sosial yang dilakukan oleh BKKBN termasuk di Sumatera Utara tentunya berusaha sebanyak mungkin terlibat dengan masyarakat agar BKKBN dapat lebih dekat dan relevan dengan mentalitas dan sifat masyarakat saat ini, terutama para remaja. Pada saat ini jumlah remaja memang mendominasi secara keseluruhan jumlah penduduk. Namun segmentasi atau target promosi terkait edukasi kepada remaja dalam hal program-program pembinaan kepada remaja dirasa masih kurang. Dengan adanya *rebranding* yang dilakukan oleh BKKBN pada tahun 2019 dan penggunaan media sosial yang menyasar kepada generasi remaja, Penulis memiliki

ketertarikan untuk menganalisis lebih lanjut tentang upaya – upaya terkait pendewasaan usia perkawinan (PUP) yang dilakukan BKKBN terhadap remaja di Sumatera Utara melalui Elsimil.

## 2. Masalah

Apakah aplikasi Elsimil berperan dalam upaya meningkatkan Pengetahuan Pendewasaan Usia Perkawinan (PUP) pada remaja di Sumatera Utara ?.

## 3. Strategi Pemecahan Masalah

### a. Undang-undang yang mengatur perkawinan

Dalam Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perkawinan, batasan usia perkawinan bagi warga negara Indonesia telah dirubah, yang sebelumnya batasan usia bagi perempuan adalah 16 tahun dan bagi laki-laki adalah 19 tahun. Berdasarkan peraturan Undang-Undang yang baru, kini keduanya baik perempuan maupun laki-laki harus berusia minimal 19 tahun. Perkawinan yang dilaksanakan di bawah batasan umur tersebut, termasuk ke dalam jenis perkawinan dini. Menurut Rulistyana (2017)<sup>10</sup> BKKBN telah membuat program Pendewasaan Usia Perkawinan (PUP). Pendewasaan Usia Perkawinan (PUP) menurut BKKBN adalah upaya untuk meningkatkan usia pada perkawinan pertama, sehingga mencapai usia minimal pada saat perkawinan yaitu 21 tahun bagi wanita dan 25 tahun bagi pria.

BKKBN tentu tidak melarang seseorang untuk menikah tetapi akan memberikan masukan dan saran-saran untuk tidak hamil dulu sebelum kesehatannya memenuhi syarat. Hal ini merupakan salah satu upaya yang dilakukan dalam mencapai target penurunan angka *Stunting* menjadi 14% pada tahun 2024 yang dilakukan secara terencana dan terorganisir dan mencangkup hulu sampai ke hilir. Persoalam *Stunting* disebabkan oleh faktor multi dimensi yang hanya dapat diintervensi melalui pemaksimalan 1000 HPK. *Stunting* juga disebut sebagai 3 (tiga) gagal, yaitu gagal tumbuh (anak pendek), gagal kembang (defisit kognitif/anak sulit belajar) dan gagal sehat (anak sering sakit).

Pendewasaan Usia *Stunting* suatu yang kompleks disebabkan banyak faktor, di antaranya minimnya pengetahuan

masyarakat tentang gejala, ciri-ciri dan pencegahan *stunting* itu sendiri. Selain itu, penyebab *stunting* kurangnya pengetahuan ibu mengenai kesehatan dan gizi sehingga berdampak sebagian kelahiran bayi sudah dalam kondisi kekurangan nutrisi hingga dibesarkan juga kurang gizi, pertumbuhan anak terhambat, perkembangan otak yang tidak maksimal hingga mempengaruhi kemampuan mental dan belajar, masih terbatasnya layanan kesehatan, kurangnya akses makanan bergizi, kurangnya akses air bersih dan sanitasi (Mitra, 2015)<sup>11</sup>. Sejalan dengan hal itu, Perkawinan Usia Produktif (PUP) merupakan bagian dari Program Keluarga Berencana Nasional untuk mencegah anak lahir *stunting*. *Stunting* suatu yang kompleks disebabkan banyak faktor, di antaranya minimnya pengetahuan masyarakat tentang gejala, ciri-ciri dan pencegahan *stunting* itu sendiri.

Menurut Dr. (HC) dr. Hasto Wardoyo, Sp. OG. (K), selaku kepala BKKBN mengatakan perkembangan teknologi komunikasi, BKKBN sudah meluncurkan program siap nikah. Menurut dr. Hasto, pasangan calon pengantin usia subur atau calon pengantin harus mendaftarkan hari pernikahannya tiga bulan sebelumnya. Calon pengantin akan diminta untuk mengisi platform yang berisikan penilaian status gizi dan kesiapan untuk hamil guna mencegah *Stunting*. Platform sudah disiapkan secara bersama-sama oleh BKKBN dan Kementerian Agama (Kemenag). Platform inilah yang dikenal dengan Aplikasi Elsimil (Aplikasi Elektronik Siap Nikah dan Hamil).

#### **b. Pasangan Usia Subur (PUS)**

Pasangan Usia Subur (PUS) diartikan sebagai pasangan suami istri yang mana istrinya berumur antara 15-49 tahun. Secara operasional istrinya berumur kurang dari 15 tahun dan telah kawin atau istri berumur lebih dari 49 tahun tetapi belum monopause. Keluarga Berencana adalah upaya untuk mewujudkan keluarga yang berkualitas melalui promosi, perlindungan dan bantuan dalam mewujudkan hak-hak reproduksi serta penyelenggaraan pelayanan, pengaturan dan dukungan yang diperlukan. Tujuannya untuk membentuk keluarga dengan usia kawin yang ideal, mengatur jumlah, jarak dan usia ideal melahirkan anak, mengatur kehamilan

dan membina ketahanan serta kesejahteraan anak (BKKBN, 2012)<sup>12</sup>.

Pasangan suami istri yang hidup bersama dengan tempat tinggal resmi atau tidak dan sudah cukup matang dalam segala hal baik itu masalah kesehatan organ reproduksinya disebut dengan Pasangan Usia Subur (PUS). Pasangan Usia Subur akan sangat mudah dalam memperoleh keturunan karena kedua pasangan dalam keadaan normal. PUS akan mengalami kesulitan saat harus mengatur tingkat kelahiran, perawatan dalam kehamilan, dan persalinan yang aman.

Hal ini sejalan dengan gerakan Keluarga Berencana Nasional bertujuan untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan ibu dan anak maupun keluarga serta bangsa secara menyeluruh. Tujuan lain adalah untuk meningkatkan kondisi kehidupan masyarakat dengan mengurangi angka kelahiran sehingga pertumbuhan penduduk tidak melebihi kapasitas produksi (Fahmi & Pinem, 2018)<sup>13</sup>. Selain itu untuk meningkatkan kualitas anak yang lahir dan terhindar dari gizi buruk ataupun stunting.

### **c. Perencanaan Program Komunikasi**

Program komunikasi adalah kegiatan yang direncanakan dan dikoordinir yang menggunakan berbagai teknik komunikasi untuk memusatkan perhatian dan menyediakan solusi untuk masalah tertentu. Misalnya Perencanaan program stunting merupakan suatu kegiatan kampanye yang menggerakkan masyarakat untuk faham tentang stunting dan cara mengatasi problem kesehatan balita, penyuluhan kepada calon pengantin (cating) sebelum menikah agar bertambah pengetahuannya terhadap stunting tersebut. Kesiapan seorang calon pengantin untuk menuju ke rumah tangga sudah terencana melalui kegiatan edukasi sebelumnya dan terkoordinir baik calon pengantin perempuan maupun laki-laki. Hal ini dilakukan oleh KUA dan juga oleh pihak PLKB dan Puskesmas sebagai langkah awal kesiapan calon pengantin yang akan menikah.

Kata kunci *terencana* dan *terkoordinir* perlu difahamkan benar kepada pasangan calon pengantin (Cating) agar siap menuju rumah tangga dan melahirkan anak-anak yang sehat dan bebas dari

stunting. Dengan adanya Elsimil menambah pengetahuan kepada calon pengantin perempuan dan laki-laki. Berbagai metode komunikasi yang dimaksudkan adalah pilihan antara berbagai macam teknik dan media komunikasi yang tersedia. Pilihan tersebut bisa bersifat tunggal, atau juga dapat merupakan kombinasi dari beberapa metode. Metode komunikasi yang digunakan pada suatu program komunikasi adalah disesuaikan dengan tahapan kegiatan dari program yang dimaksud.

Ada yang menggunakan istilah program informasi (*information program*) seperti pada *pra-construction information program* (Program Informasi Pra-Konstruksi) 'persiapan membangun keluarga'. Ada yang memakai istilah dukungan komunikasi (*communication support*) melalui Edukasi Pranikah. Selain itu ada juga melalui kegiatan ini '*gempur stunting*'. Sesungguhnya berbagai istilah tersebut mempunyai maksud yang sama dalam bingkai perencanaan program komunikasi. Waktu atau masa berlangsungnya suatu rencana program komunikasi ada yang disusun untuk jangka pendek (1-2 tahun), jangka menengah (2-3 tahun), dan jangka panjang (5 tahun atau lebih). Namun ada yang lebih singkat sifatnya. misalnya program komunikasi untuk memberantas wabah penyakit tertentu yang dimaksudkan untuk selama masa penyakit tersebut mewabah. Begitu wabah tersebut selesai tertanggulangi maka program komunikasi yang dimaksud pun selesai. Dengan demikian kegiatan perencanaan komunikasi merupakan proses yang menyangkut banyak pihak dan turut dipengaruhi oleh situasi dan kondisi lingkungan dan telah berupaya secara maksimal (Lubis, 2024)<sup>14</sup>.

#### **d. Kampanye Komunikasi**

Untuk kampanye yang bertujuan untuk mengubah sikap dan perilaku audiens, tidak hanya penting untuk mengidentifikasi sasaran dan audiens kampanye, serta pesan yang disampaikan, media yang digunakan, dan dampak dari kampanye tersebut. Yang menjadi tidak kalah penting adalah siapa yang menjadi juru kampanye dalam penyampaian pesan. Sebagai contoh, kampanye stunting merupakan kegiatan yang bersifat informatif dan persuasif yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman khalayak

masyarakat mengenai suatu gagasan atau kasus serta mendukungnya. Bentuk kampanye juga dapat mencakup produk dan jasa. Untuk mencapai tujuan tertentu, organisasi komersil atau non-profit dapat menerapkan strategi kampanye stunting yang terencana serta berdasarkan riset yang kemudian dievaluasi.

Saat ini media baru mempunyai peranan yang cepat dan luas dalam menjangkau khalayak termasuk informasi tentang stunting. Jangkauan komunikasi manusia semakin luas dengan perkembangan teknologi komunikasi media baru atau *new media*. Istilah media baru mempunyai banyak definisi yang bisa disesuaikan dengan konteks penggunaannya, antara lain adalah media sosial yang merupakan sebuah medium di internet yang memungkinkan para penggunanya untuk merepresentasikan diri dan melakukan interaksi, bekerjasama, berbagi informasi, berkomunikasi dengan pengguna lain dan membentuk ikatan sosial secara virtual (Nasrullah, 2015:11)<sup>15</sup>. Beberapa contoh media sosial yang digunakan umumnya adalah facebook, whatshap, instagram, tiktok, twitter, youtube. Media sosial atau digital dalam penggunaan memerlukan perencanaan komunikasi yang kreatif dan inovatif. Artinya orang yang berkecimpung dalam bidang ini harus selalu mencari solusi baru atas masalah komunikasi, merumuskan pesan-pesan baru, menemukan dan mengkombinasikan saluran-saluran baru, membatasi dan melakukan segmentasi khalayak dalam satu cara yang menarik (Lubis, 2024:34-49).

#### **e. Rebranding**

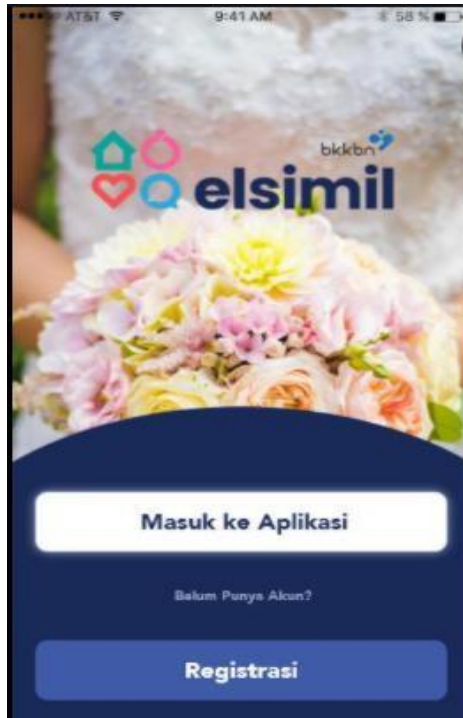
Menurut Muzellec & Lambkin (dalam Amalia, 2012 :18) terdapat dua penjelasan terkait *rebranding* yaitu estetika pemasaran dan pertanyaan apakah seluruh perlu dirubah atau hanya sebagian saja, dan pantas diberi label *rebranding*. Hal ini merupakan satu kesatuan *rebranding* dari perubahan logo dan slogan secara evolusi hingga kreasi secara revolusi, yaitu pembentukan nama baru dan yang kedua, definisi *rebranding* mengacu pada posisi dari *brand* dan apakah posisi tersebut akan berubah atau tetap di posisi yang sama saat *rebranding*.

Daly & Moloney (dalam Ramdhani, 2019:32-33)<sup>16</sup> menjelaskan bahwa dalam melakukan *rebranding* terdapat 3

tahapan utama yang disebut sebagai *corporate rebranding framework*. Ketiga tahapan utama tersebut yaitu analisis, perencanaan dan evaluasi. Berikut penjelasan atas 3 tahapan tersebut :

1. Tahapan Analisis, tahapan ini dijadikan sebagai dasar untuk mempertimbangkan rencana *rebranding*. Analisis pasar, identifikasi peluang, audit merek dan pengidentifikasian elemen merek termasuk dalam fase ini. Keputusan untuk membangun merek baru dapat didasarkan pada identitas, yang dapat menggunakan prinsip dan persepsi penting mengenai merek yang sudah ada sebelumnya atau menghapus prinsip lain yang dapat menjadi absolut atau bertentangan serta apabila diperlukan dapat dikurangi atau ditambahkan.
2. Tahapan Perencanaan, proses mengidentifikasi target audiens internal dan eksternal adalah bagian dari proses yang akan menghasilkan rencana komunikasi dan aplikasinya. Tahap ini bermula dengan komunikasi pelanggan internal. Perusahaan membuat rencana pelatihan dan komunikasi yang mendukung peraturan baru, mendapatkan dukungan dan menarik pekerja. Selanjutnya, menjalin komunikasi dengan pelanggan luar mengenai strategi perubahan nama, *tagline* dan nilai perusahaan yang selanjutnya mempelajari strategi pemasaran *rebranding*.
3. Tahapan Evaluasi : Tahap pada akhir proses untuk melihat hasil secara keseluruhan dari proses awal perencanaan adalah setiap langkah yang sudah dilaksanakan berdasarkan perencanaan, selanjutnya dievaluasi.

## f. Aplikasi Elsimil



Gambar 1. Tampilan Aplikasi Elsimil

Aplikasi Elsimil adalah singkatan dari Aplikasi Elektronik Siap Nikah dan Hamil. Aplikasi yang digunakan untuk dapat melihat secara lebih awal apakah adanya potensi bayi stunting sebelum masa melahirkan tiba, dengan melihat kondisi calon pengantin. Aplikasi ini berfungsi sebagai alat untuk memantau kesehatan dan memberi tahu orang mengenai persiapan pernikahan dan program hamil. Semua calon pengantin wajib menjalani pemeriksaan tiga bulan sebelumnya melalui aplikasi tersebut. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi, yang kemudian akan menunjukkan kemungkinan atau potensi stunting pada pasangan yang menjalani pemeriksaan.

Sistem kerja aplikasi akan melakukan pencatatan seluruh informasi dari seluruh pemeriksaan kesehatan yang dijalani calon ibu hamil atau ibu hamil. Perempuan yang memiliki anemia akan mendapatkan modul pemberitahuan untuk kembali ke puskesmas atau fasilitas kesehatan untuk menerima tablet penambah darah

yang harus dikonsumsi selama 90 hari. Setelah itu, pemeriksaan akan kembali dilakukan. Begitu juga dengan calon pengantin lelaki yang melakukan *screening* di aplikasi Elsimil, mereka akan mengetahui kondisi kesehatan melalui poin-poin pertanyaan dan juga informasi terkait persiapan kesehatan bagi calon suami sebelum program kehamilan.

Beberapa contoh pertanyaan yang muncul pada aplikasi Elsimil, antara lain sebagai berikut :

1. Usia saat ini
2. Indeks massa tubuh
3. Kadar hemoglobin (HB) dalam darah
4. Ukuran LiLA (Lingkar lengan)
5. Perilaku merokok

Setelah selesai melakukan *screening* melalui aplikasi Elsimil, calon pengantin akan mendapatkan sertifikat siap menikah. Pada beberapa Kabupaten Kota, aplikasi Elsimil sudah digunakan dan sudah berintegrasi dengan Kemenag, juga Dinas Pencatatan Sipil. Hanya calon pengantin yang memiliki sertifikat siap hamil yang proses administrasi perkawinan bisa dilanjutkan. Salah satu contoh adalah Kota Binjai – Sumatera Utara merupakan kota yang sudah menerapkan *screening* kesehatan calon pengantin sebelum menikah. Dengan peluncuran aplikasi Elsimil oleh BKKBN, Pemerintah Kota Binjai akan meneruskan peraturan ini dengan menggunakan aplikasi Elsimil sebagai kolaborasi yang lebih kompleks dengan pemerintah pusat dalam upaya pencegahan *Stunting*.

tanggal 30 Maret 2021 Pukul 02.00 PM dengan  
ID XA-27374, sebagai berikut:

#### Hasil Kuesioner



Gambar 2. Contoh Hasil *screening* pada Aplikasi Elsimil

Jika hasil *Screening* calon pengantin yang nilainya belum memiliki kualifikasi siap menikah, maka Bidan sebagai bagian dari Tim Pendamping Keluarga (TPK), dapat melakukan intervensi pada calon pengantin. Misalnya memberikan vitamin at *Stunting* suatu yang kompleks disebabkan banyak faktor, di antaranya minimnya pengetahuan masyarakat tentang gejala, ciri-ciri dan pencegahan *stunting* itu sendiri. Selain itu, penyebab *stunting* kurangnya pengetahuan ibu mengenai kesehatan dan gizi sehingga berdampak sebagian kelahiran bayi sudah dalam kondisi kekurangan nutrisi hingga dibesarkan juga kurang gizi, pertumbuhan anak terhambat, perkembangan otak yang tidak maksimal hingga mempengaruhi kemampuan mental dan belajar, masih terbatasnya layanan kesehatan, kurangnya akses makanan bergizi, kurangnya akses air bersih dan sanitasi (Mitra, 2015). Setelah 1 bulan setelah *screening* dilakukan, calon pengantin kembali dapat melakukan *screening* di aplikasi Elsimil sehingga sudah ada perubahan nilai kesiapan menikah calon pengantin. Selain sebagai *screening* calon pengantin, pada aplikasi elsimil juga terdapat fitur-fitur edukasi, antara lain sebagai berikut :

1. Kesiapan Pra-nikah

2. Kesehatan Reproduksi
3. Kesiapan Kehamilan
4. Kontrasepsi
5. Pencegahan Kanker
6. Elsimil Care, fitur chat dengan tim TPK

Hasil *screening* pada aplikasi Elsimil dapat langsung terintegrasi dengan Kantor Urusan Agama (KUA) dan Kependudukan dan Catatan Sipil (Dukcapil) melalui fitur yang ada di aplikasi Elsimil. Kabupaten dan Kota yang sudah mengadopsi aplikasi ini sudah dapat terintegrasi dengan mudah mengaplikasikan inovasi Elsimil ini. Caranya mudah hanya dengan menunjukkan Profile ID atau QR Code dari profil, petugas KUA/Dukcapil sudah dapat mengecek aplikasi *screening* Elsimil.

#### 4. Strategi Pemecahan Masalah

Proses komunikasi inovasi berlangsung satu arah, dari sumber pesan (Komunikator) ke penerima pesan (Komunikan). Penerapan model komunikasi inovasi tersebut adalah :



a. Source (Sumber)

Merupakan lembaga atau institusi yang memiliki program inovasi untuk disebarluaskan.

b. Message (Pesan Inovasi)

Rancangan pesan dari suatu inovasi yang sudah disesuaikan dengan karakter inovasi itu sendiri dan juga karakter masyarakat yang menjadi sasaran paparan inovasi.

c. Channel (Saluran/media penyebarluasan)

Ada dua saluran komunikasi inovasi *private communication* dan *public communication*. *Private communication* mencakup komunikasi tatap muka secara pribadi dan juga komunikasi terselip, sedangkan *public communication* meliputi komunikasi media massa dan juga komunikasi melalui forum. Saluran melalui media massa dianggap lebih efektif dalam memberikan kesadaran pengetahuan pada sasaran sedangkan saluran interpersonal lebih efektif dalam

membentuk sikap dan merubah perilaku/tindakan dari sasaran. Sehingga dalam memaksimalkan komunikasi inovasi, penyampaian pesan melalui media masa menjadi langkah awal untuk membentuk kesadaran sasaran, kemudian dilakukan penyuluhan lanjutan secara bertahap untuk membentuk sikap dan tindakan dalam menerima inovasi yang disampaikan.

d. Receiver (Sasaran/penerima inovasi)

Penerima inovasi adalah calon pengantin yang menjadi sasaran/target informasi terkait inovasi Elsimil. Ada 4 tahapan pada komunikasi inovasi, yaitu :

- Pengetahuan : mengetahui adanya inovasi dan memiliki pengertian tentang fungsi Elsimil tersebut.
- Persuasi : menentukan sikap suka atau tidak suka terhadap inovasi yang disampaikan.
- Keputusan : suatu kondisi atau situasi dimana masyarakat akan memilih akan menerima atau menolak inovasi yang diterima.
- Konfirmasi : mencari penguatan dari keputusan yang sudah diambil sebelumnya. Jika ditemukan informasi yang bertentangan maka, keputusan yang sudah diambil sebelumnya bisa saja berubah. *rebranding* yaitu yang pertama mengacu pada estetika pemasaran dan pertanyaan yang muncul apakah seluruh elemen harus diubah atau hanya sebagian dari elemen itu, dan pantas diberi label "*rebranding*".

Pada prosesnya aplikasi Elsimil yang sudah diluncurkan oleh BKKBN melalui kampanye komunikasi oleh penyuluh KB kepada calon pengantin. Pemanfaatannya terus berjalan dengan mengacu pada estetika pemasaran bauran berbagai bentuk komunikasi (komunikasi antar pribadi, komunikasi kelompok, komunikasi massa dan new media). Hal ini dapat diberikan label 'rebranding' agar sasaran pasangan calon pengantin tidak hanya sekedar tahu tapi mampu menggunakan aplikasi 'Elsimil'. Selain itu akan memudahkan kerja penyuluh keluarga berencana dalam kerja lapangan yang mana pasangan calon pengantin dapat dengan mudah menggunakan aplikasi tersebut tanpa menunggu penyuluhan

yang disampaikan oleh tim penyuluh KB.

Uraian-uraian di atas berhubungan dengan proses komunikasi inovasi aplikasi Elsimil untuk calon pengantin. Proses penyampaian informasi kepada masyarakat terkhusus calon pengantin memerlukan waktu, penyuluhan yang berkelanjutan dan mitra dalam proses inovasi dalam arti menerima ataupun menolaknya. Proses masuknya ide-ide baru dalam tatanan sosial masyarakat merupakan proses komunikasi konvergen. Awalnya gagasan atau ide baru dikomunikasikan baik langsung dengan komunikasi Antar Pribadi maupun Komunikasi kelompok melalui peran penyuluh KB (PPKB, PPKBD, dan para kader KB). Secara tidak langsung melalui media cetak seperti publikasi, banner, spanduk dan lainnya. Sedangkan melalui media elektronik yaitu media sosial seperti Facebook, Whatshapp, Tiktok, Youtube, dan terkhusus aplikasi Elsimil.

Selain itu komunikasi yang dilakukan Penyuluh KB dan mitra terkait, yaitu KUA (yang biasanya melakukan konseling pra nikah) dan juga peran tenaga medis di puskesmas dapat lebih ringan. Namun demikian peran mitra-mitra tersebut tidak lepas dari kebersinggungannya dengan tujuan dari penggunaan Aplikasi Elsimil bekerja untuk mempengaruhi penerima dalam hal ini calon pengantin agar mempunyai kesiapan diri menuju ke rumah tangga. Masyarakat dapat memahami pada berbagai tingkatan, dikarenakan proses komunikasi melalui media digital kian mendalam (konvergen). Sebagian orang ada yang menolak langsung, beberapa dapat menerima namun lambat dan ada pula yang dapat menerima dengan cepat.

Tujuan dari penggunaan aplikasi Esimil ini adalah untuk memudahkan masyarakat itu sendiri terkhusus calon pengantin dalam menambah dan atau memperbaiki pengetahuan, perilaku atau sikap sehingga terjadi perubahan dalam tatanan di dalam masyarakat..

## **5. Kesimpulan dan Saran**

### **Kesimpulan**

Aplikasi Elsimil adalah suatu inovasi yang membantu kerja Penyuluh Lapangan Keluarga Berencana (PLKB) dalam

memasukkan ide-ide baru khususnya calon pengantin perempuan dan lelaki untuk mempersiapkan diri menuju mahligai rumah tangga. Oleh karena pernikahan tersebut merupakan suatu yang hakiki dan dinantikan setiap pasangan yang sudah matang secara biologis serta ekonomi untuk membina hidup baru dengan pasangannya. Aplikasi Elsimil berperan dan sangat membantu pasangan yang akan berumah tangga dan memudahkan pasangan calon pengantin dalam mengakses data tersebut di media online. Hal ini juga mempermudah kerja penyuluh KB (PLKB) dan Puskesmas dengan adanya aplikasi tersebut serta mitra seperti Dukcapil dan Kantor Urusan Agama (KUA).

### **Saran**

- a. Aplikasi Elsimil disarankan untuk digunakan dalam menyiapkan pasangan calon pengantin menuju rumah tangga, siap memiliki anak yang sehat, kuat, cerdas dan terbebas dari stunting.
- b. Perlunya pembangunan sumber daya manusia lebih baik demi tercapainya perubahan sosial masyarakat khususnya generasi emas yang sehat, berkualitas, dan punya masa depan.
- c. Adanya Kerjasama yang berterusan antara Penyuluh Lapangan Keluarga Berencana, (PLKB) dengan Puskesmas dan Mitra dalam upaya sosialisasi Aplikasi Elsimil kepada khalayak sasaran khususnya calon pengantin.

### **Daftar Pustaka**

1. Triono dkk. 2015. *Pendek (stunting) di Indonesia, Masalah dan Solusinya*.
2. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2020). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024*. Jakarta.
3. Setyawan, J., Marita, R. H., Kharin, I., & Jannah, M. (2016). Dampak psikologis pada perkawinan Remaja di Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Psikologi*, 7(2), 15-39.
4. BKKBN. (2012). *Pedoman Pengelolaan Pusat Informasi dan Konseling Remaja dan Mahasiswa (PIK Remaja/Mahasiswa)*.

Jakarta: BKKBN .

5. Fauzia, Rizky. (2021). Rebranding Badan Kependudukan Dan Keluarga Berencana Nasional Dalam Menyasar Generasi Millenial Dan Zillennial. *Jurnal Ilmiah Wahana Bhakti Praja*, 11(2),175-180.
6. Amalia, S. (2012). Pengaruh Perubahan Nilai-nilai dalam Rebranding AJB Bumiputera Terhadap Komitmen Konsumen Untuk Tetap Menjadi Anggota AJB Bumiputera 1912. *Tesis*. Jakarta : Universitas Indonesia.
7. Mamiko, Y & Adnan, Ricardi., S. (2021). *Rebranding Sebagai Manifestasi Reformasi Birokrasi Era New Normal : Perspektif Digital Era Governance*. *Civil Service Journal*, 15(1),71-82.
8. BKKBN. (2021). *Women and Men in Indonesia 2021*. Jakarta : BPS
9. Rulistyana, E. (2017). Pengetahuan remaja tentang program pendewasaan usia perkawinan (PUP). *Jurnal Ners dan Kebidanan*, 4(1), 79-84.
10. Lubis, Lusiana Andriani. (2023). *Pemahaman Praktis Komunikasi Antarbudaya*. Medan. USU Press.
11. Mitra.(2015).Permasalahan Anak Pendek (Stunting) dan Intervensi untuk Mencegah Terjadinya Stunting. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 254-261.
12. Lubis, Lusiana Andriani. (2024). *Pemahaman Dasar Perencanaan Komunikasi*. Medan. CV. Mahhaji
13. Fahmi, S., & Pinem, M. (2018). Analisis Nilai Anak dalam Gerakan Keluarga Berencana bagi Keluarga Melayu. *JUPIIS: Jurnal Pendidikan Ilmu-Ilmu Sosial*, 10(1), 112-119.
14. Nasrullah, R. (2015). *Media Sosial*. Bandung: Simbiosis Rekatama Media.
15. Ramdhani, F. (2019). *Rebranding TVRI Di Media Sosial Instagram (Studi Deskriptif Kualitatif Aktivitas Rebranding Di TVRI)*. Doctoral dissertation. FISIP UNPAS
16. Amriah, Nirma. (2017). *Komunikasi Inovasi Dalam Sistem Pelayanan*. Unmul : Samarinda
17. Lubis, L. A., & Wijaya, H. (2017). Communication strategy on family planning campaign by the field officer for family planning campaign in North Sumatera. *International Journal of*

*Innovation and Economic Development*, 3(4), 53 -59.

18. Ulfa, M., & Yoserizal, Y. (2017). Respon Pasangan Usia Subur terhadap Program Keluarga Berencana Gratis di Kelurahan Delima Kecamatan Tampan. *Jurnal Online Mahasiswa*, 4(2), 1-11

Bacaan Tambahan :

1. BKKBN Agency. (2011). National Population and Family Planning Agency BKKBN 2011 Guidelines for the Implementation of Long-Term Contraception Method (MKJP) Family Planning Services..*Journal of Strategy Communication*. Vol.11, No.2, Hal. 88-98. Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Pancasila.
2. Jakarta.BKKBN. (2007). *Kamus Istilah Program Keluarga Berencana Nasional*. Jakarta: Direktorat Pelayanan Informasi dan Dokumentasi

**Biodata**



**Prof. Dra. Hj. Lusiana Andriani Lubis, MA, Ph.D,** Lahir di Medan 5 April 1967, menikah drg. H.M.Iqbal Siregar dan memiliki tiga orang anak. Pendidikan Sarjana (S1) Ilmu Komunikasi pada Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Sumatera Utara pada tahun 1985 dan tamat tahun 1989. Lanjut S2 pada

Pusat Pengajian Komunikasi Universiti Sains Malaysia tahun 1996 dan tamat 1998. Kemudian melanjutkan kuliah Doktoral (S3) di tempat yang sama pada tahun 2007 dan tamat 2010 bidang kajian Komunikasi Antarbudaya. Guru Besar diperoleh pada Desember 2015. Pada jenjang karir beliau sejak 1990 hingga sekarang merupakan staf pengajar dan Guru Besar tetap FISIP USU Ilmu Komunikasi yang mengajar S1.S2 dan S3, juga mengajar pada beberapa PTS di Sumatera Utara. Selain di lingkungan akademik, aktif dalam berbagai organisasi profesi seperti Ketua umum ISKI Sumatera Utara tahun 2023-2026, Ketua Dewan Pakar ASPIKOM Sumatera 2018-2023, Ketua Bidang Pendidikan Perguruan Tinggi

di Majelis Wilayah KAHMI Sumatera Utara 2020-2025, Ketua Umum IKA USM Sumut 2024-2027, Pengelola PAUD dan TK ILMA dari tahun 2010 sampai sekarang yang berada di Kecamatan Medan Selayang dan Sei Mencirim Sunggal Deli Serdang. Juga aktif pada beberapa Lembaga Swadaya Masyarakat yang konsen pada pembinaan dan pemberdayaan masyarakat. Beberapa buku yang dihasilkan, di antaranya Pemahaman Praktis Komunikasi Antarbudaya (2012) dengan HKI C00201304028 dan saat ini sudah masuk cetakan ke enam (2023) ; Dinamika Komunikasi Antarbudaya (2016) dengan HKI : C00201605150; Perkawinan Antaretnis (2018,2024), Perencanaan Komunikasi dan Audit komunikasi (2018, 2024), Analisis Komunikasi Normal Baru Saat Pandemi Covid 19 (2020, 2024) serta beberapa buku bunga rampai (tulisan bersama Pemikiran Guru besar USU antara lain Pencegahan dan penurunan angka Stunting melalui KIE Pemberdayaan Remaja dan Calon Pengantin di Indonesia, 2023 ; Kompetensi komunikasi dalam pemasaran Coffe Shop di Era Digital, 2023).

# Inovasi Pembelajaran: Pengembangan Kualitas Digitalisasi *Screening* dan Tatalaksana Depresi dan Ansietas

Elmeida Effendy

## Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir ini, meningkatnya prevalensi masalah kesehatan mental, terutama depresi dan ansietas, telah mendorong pergeseran signifikan menuju intervensi digital. *World Health Organisation* (WHO) melaporkan bahwa hampir 301 juta orang mengalami ansietas dan 280 juta mengalami depresi secara global, dengan beban yang substansial jatuh pada negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah atau *low middle income countries* (LMIC) di mana akses ke perawatan kesehatan mental tradisional sangat terbatas. Konteks ini telah memicu eksplorasi teknologi kesehatan digital atau *digital health technology* (DHT) sebagai solusi yang layak untuk menjembatani kesenjangan perawatan.<sup>1</sup>

Perangkat seluler atau platform daring/jarak jauh apa pun yang dapat digunakan untuk menyediakan intervensi kesehatan secara umum disebut sebagai "teknologi kesehatan digital" contohnya termasuk teknologi yang dapat dikenakan seperti jam tangan pintar, pesan teks, telemedicine, telepsikiatri, dan aplikasi telepon pintar. Perkembangan selama sepuluh tahun terakhir, telah terjadi implementasi cepat dari intervensi psikiatri digital dan kesehatan mental. Hal ini terutama disebabkan oleh keinginan untuk menyediakan solusi potensial untuk situasi sulit dan masalah logistik yang infrastruktur layanan kesehatan mental saat ini tidak dapat mengakomodasi kebutuhan mayoritas pasien secara memadai. Berbagai aturan dan undang-undang khusus negara di bidang psikiatri digital telah ada, tetapi psikiatri digital sebenarnya dapat disebarluaskan secara luas tanpa biaya marjinal, tidak memerlukan transportasi pasien, dan mendorong otonomi pasien. Layanan ini juga dapat diakses kapan pun pasien sangat membutuhkan

dukungan dan memiliki kemandirian yang sebanding dengan intervensi tatap muka tradisional.<sup>1,2</sup>

Alat kesehatan mental digital, termasuk aplikasi mobile dan *platform online*, telah muncul sebagai alternatif yang menjanjikan untuk pendekatan terapeutik konvensional. Alat-alat ini tidak hanya meningkatkan aksesibilitas tetapi juga menyediakan intervensi yang hemat biaya yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu. Contoh yang dapat kita ambil, sebuah tinjauan sistematis dan meta-analisis menunjukkan bahwa intervensi digital efektif dalam mengurangi gejala depresi dan ansietas di LMIC, dengan ukuran efek gabungan sebesar -0,61 untuk depresi dan -0,73 untuk ansietas. Bukti ini menegaskan potensi DHT untuk meningkatkan hasil kesehatan mental, terutama di daerah di mana layanan tradisional kurang.<sup>2</sup>

Kebutuhan akan intervensi psikiatri digital dalam layanan kesehatan mental terutama berasal dari kesenjangan dalam perawatan kesehatan mental yang saat ini ada antara prevalensi gangguan mental dan ketersediaan layanan dan sumber daya yang dibutuhkan untuk mengobatinya. Hal ini terutama berlaku di LMIC, di mana hingga 90% individu dengan gangguan mental tidak menerima perawatan dan tindak lanjut yang memadai. Wilayah dunia yang berada di daerah Asia-Pasifik mencakup banyak LMIC serta Australia, Oseania, Asia Timur, Asia Selatan, dan Asia Tenggara. Ukuran wilayah yang sangat besar dan keragaman dalam hal pendapatan menurut bank dunia, latar belakang budaya dan etnis, lokasi geografis, dan sistem kesehatan mental, wilayah Asia-Pasifik sering kali sulit diakses, dirawat, diobati, dan dipantau bagi orang-orang dengan gangguan mental karena kurangnya kesadaran dan infrastruktur layanan kesehatan mental yang memadai.<sup>2</sup>

Standar perawatan harus ditingkatkan dan akses ke intervensi berbasis bukti juga harus diperluas, sehingga digitalisasi layanan kesehatan mental dapat secara langsung membantu mereka yang terkena dampak penyakit mental. Faktanya, kelangkaan spesialis kesehatan mental dan distribusi penyedia yang tidak merata di beberapa negara dapat menghambat ketersediaan perawatan kesehatan mental. Perbandingan psikiater

di India, ada sekitar satu psikiater di staf untuk setiap 250.000 orang, dan ada kekurangan profesional kesehatan mental secara keseluruhan—kurang dari satu per 100.000 orang—banyak di antaranya tinggal di kota-kota terbesar di negara itu, dengan 12,5 juta orang yang tinggal di Kashmir, ada sekitar 41 psikiater dan 12 psikolog klinis di provinsi India tersebut.<sup>2</sup>

Hal ini menyebabkan kekurangan dokter spesialis di setiap daerah pedesaan, karena situasi di berbagai negara mungkin berbeda secara signifikan. Akibatnya, penerapan dan dukungan digitalisasi layanan kesehatan mental dapat memberikan peluang untuk menghubungkan pasien dengan layanan jarak jauh yang disediakan oleh penyedia layanan non-spesialis dan memungkinkan orang untuk menerima perawatan kesehatan mental yang memadai di komunitas yang layanan kesehatan mentalnya mungkin tidak tersedia.<sup>2</sup>

Kendala finansial dan teknologi yang muncul saat menerapkan psikiatri digital, menyebabkan mayoritas profesional kesehatan mental tidak memiliki pelatihan teoritis atau praktis yang diperlukan dalam psikiatri digital dan dalam memberikan konsultasi jarak jauh dengan aman dan efektif. Hal ini terutama berlaku bagi mereka yang berasal dari negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Mayoritas negara tidak memiliki persyaratan pelatihan khusus kurikulum bagi peserta pelatihan psikiatri untuk menunjukkan kompetensi dalam keterampilan digital yang mungkin dianggap perlu untuk praktik klinis yang baik, seperti keterampilan dan kemampuan yang diperlukan untuk menyediakan dan memberikan intervensi kesehatan mental menggunakan perangkat digital, baik di tingkat inti maupun tingkat spesialisasi yang lebih tinggi.<sup>2</sup>

Pendekatan inovatif seperti intervensi kognitif-perilaku digital yang didukung pelatih atau yang biasa disebut *digital Cognitive-Behavioral Intervention* (dCBI) menunjukkan janji signifikan dalam melibatkan remaja dan dewasa muda, demografis yang sering menghadapi masalah kesehatan mental. Suatu studi yang mengevaluasi aplikasi RxWell menemukan bahwa 63% peserta terlibat dengan pelatih mereka, yang mengarah pada pengurangan signifikan dalam distress emosional. Intervensi semacam itu

memanfaatkan teknologi untuk memberikan dukungan dan pemantauan waktu nyata, mengatasi hambatan perawatan yang sering menghalangi akses remaja terhadap layanan kesehatan mental.<sup>3</sup>

Integrasi perangkat *wearable* dalam pemantauan kesehatan mental mewakili batas baru dalam kesehatan digital. Perangkat ini mengumpulkan data fisiologis yang dapat dianalisis bersamaan dengan gejala yang dilaporkan sendiri, memberikan pandangan komprehensif tentang status kesehatan mental individu. Penelitian telah menunjukkan bahwa biomarker digital yang diperoleh dari *wearable* dapat secara efektif memprediksi kondisi kesehatan mental, meningkatkan personalisasi intervensi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembelajaran multitask, memungkinkan prediksi simultan dari beberapa indikator kesehatan mental seperti depresi, ansietas, dan stres.<sup>1,3</sup>

Kesehatan digital telah mengalami kemajuan, meskipun tantangan tetap ada terkait implementasi dan keberlanjutan teknologi ini dalam praktik klinis. Banyak intervensi digital yang kurang memiliki basis bukti yang kuat, dan kekhawatiran tentang privasi serta keamanan data terus menghalangi penerimaan pengguna. Efektivitas alat-alat ini juga sering bergantung pada keterlibatan pengguna, yang bisa bervariasi. Studi menunjukkan bahwa menggabungkan dukungan manusia, seperti navigator digital atau pelatih, dapat secara signifikan meningkatkan keterlibatan dan hasil.<sup>3</sup>

Percepatan adopsi *telehealth* dan intervensi digital akibat pandemi COVID-19, menyebabkan adanya kebutuhan mendesak untuk mengevaluasi dan menyempurnakan teknologi ini. Pemahaman komprehensif tentang efektivitas, kegunaan, dan dampaknya terhadap kesehatan mental sangat penting untuk menginformasikan perkembangan di masa depan. Integrasi alat digital ke dalam perawatan kesehatan mental rutin tidak hanya memiliki potensi untuk meningkatkan akses tetapi juga untuk meningkatkan kualitas perawatan yang diberikan kepada individu yang menderita depresi dan ansietas.<sup>2,4</sup>

Digitalisasi *Screening* dan tatalaksana kesehatan mental menawarkan peluang transformasional untuk meningkatkan hasil

kesehatan mental. Kita dapat mengembangkan intervensi yang inovatif, dengan memanfaatkan kekuatan teknologi yang dapat diakses, dan efektif yang memenuhi kebutuhan beragam individu di berbagai konteks. Penelitian di masa depan harus fokus pada pengoptimalan solusi digital ini, memastikan bahwa mereka berbasis bukti, ramah pengguna, dan terintegrasi ke dalam sistem kesehatan yang ada untuk memaksimalkan dampaknya terhadap perawatan kesehatan mental.

## **Masalah**

Implementasi inovasi pengembangan kualitas digitalisasi *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas dihadapi oleh beberapa tantangan yang signifikan. Beberapa tantangan tersebut meliputi:

### **1. Keterbatasan Akses dan Sosialisasi**

Pengembangan digitalisasi *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas memerlukan akses yang luas dan sosialisasi yang efektif, namun masih banyak individu yang tidak memiliki akses yang memadai ke teknologi digital, terutama di daerah pedesaan atau masyarakat yang kurang mampu. Hal ini dapat membatasi efektivitas implementasi inovasi ini, terutama dalam mencapai populasi yang lebih luas.<sup>4</sup> Transisi ke psikiatri digital sering kali terhambat oleh infrastruktur yang tidak memadai. Pada negara-negara berpendapatan rendah dan menengah, tenaga kesehatan mental sering kali kekurangan sumber daya, tidak memiliki dukungan teknologi dan peralatan yang diperlukan untuk menerapkan solusi digital secara efektif. Masalah seperti konektivitas internet yang tidak dapat diandalkan semakin mempersulit pemberian layanan telepsikiatri, khususnya di daerah pedesaan yang akses layanan kesehatannya sudah terbatas.<sup>1</sup> Kesenjangan dalam ketersediaan sumber daya dan kesempatan pelatihan di berbagai wilayah dapat menyebabkan ketidakadilan dalam perawatan, sementara beberapa negara mungkin telah menetapkan program telepsikiatri, yang lain kesulitan untuk menerapkan intervensi kesehatan mental digital yang mendasar sekalipun karena kurangnya tenaga profesional terlatih dan dukungan finansial.<sup>2,4</sup> Pandemi COVID-19 telah mempercepat

kebutuhan akan solusi digital, tetapi juga menyoroti kesenjangan yang ada dalam pelatihan dan infrastruktur. Peralihan cepat ke *telehealth* mengungkap kekurangan dalam persiapan untuk transisi tersebut, yang menekankan perlunya pendidikan dan dukungan berkelanjutan bagi penyedia layanan kesehatan.<sup>4</sup>

## **2. Kualitas dan Keamanan Data**

Dalam pengembangan kualitas digitalisasi *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas, terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi terkait dengan kualitas dan keamanan data pasien psikiatri. Salah satu tantangan utama adalah menjaga kerahasiaan dan keamanan data pribadi pasien. Risiko pelanggaran keamanan data menjadi lebih tinggi karena rentan terhadap akses tidak sah dan peretasan system dalam lingkungan digital.<sup>4, 5</sup> Selain itu, penting untuk memastikan kualitas data pasien psikiatri yang tercatat dalam sistem digital. Hal ini melibatkan proses validasi dan verifikasi data yang masuk ke dalam sistem, agar *Screening* dan tatalaksana yang diberikan dapat didasarkan pada informasi yang akurat dan terpercaya. Tantangan lainnya adalah dalam memastikan integrasi data antara berbagai sistem informasi kesehatan yang digunakan oleh berbagai layanan kesehatan, termasuk rumah sakit, klinik, dan praktisi individual.<sup>4, 5</sup>

Kualitas data pasien psikiatri juga menjadi kunci dalam pengembangan model prediktif dan algoritma untuk mendukung proses *screening* dan penentuan terapi ansietas yang tepat. Tantangan yang muncul dalam hal ini adalah memastikan bahwa data yang digunakan dalam pengembangan model tersebut representatif dan tidak bias, serta mampu menghasilkan hasil yang akurat dan relevan dalam konteks pasien psikiatri.<sup>4, 5</sup>

## **3. Kompatibilitas Teknologi**

Pengembangan kualitas digitalisasi *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas, salah satu tantangan utama yang harus dihadapi adalah kompatibilitas teknologi. Hal ini terkait dengan berbagai perangkat dan platform yang digunakan dalam proses *screening* dan terapi, serta integrasi data antara sistem yang berbeda.<sup>4</sup>

Tantangan pertama adalah memastikan bahwa aplikasi dan perangkat lunak yang digunakan dapat berjalan dengan baik di berbagai jenis perangkat, mulai dari komputer hingga perangkat mobile. Penting untuk memastikan bahwa data pasien dapat diakses dan diintegrasikan dengan lancar di berbagai sistem teknologi yang digunakan oleh rumah sakit, klinik, dan praktisi kesehatan.<sup>4</sup> Keamanan data juga menjadi perhatian utama dalam menghadapi tantangan kompatibilitas teknologi. Sistem keamanan yang kuat diperlukan untuk melindungi informasi sensitif pasien yang disimpan dalam format digital.<sup>4</sup> Pengembangan kualitas digitalisasi *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas dapat berjalan lebih lancar dan efisien sehingga memberikan manfaat yang optimal bagi pasien dan tenaga medis yang terlibat.<sup>4</sup>

#### **4. Keterampilan dan Kapasitas Tenaga Medis**

Tenaga medis yang terlibat dalam implementasi digitalisasi *Screening* dan tatalaksana harus memiliki keterampilan dan kapasitas yang memadai untuk menggunakan teknologi tersebut. Tantangan ini meliputi pelatihan yang intensif untuk memastikan bahwa tenaga medis dapat menggunakan alat digital dengan benar dan efektif. Selain itu, juga perlu mempertimbangkan aspek-aspek psikologis dan emosional yang dapat mempengaruhi proses *screening* dan terapi.<sup>1-3,5</sup>

Salah satu tantangan terbesar dalam digitalisasi pembelajaran adalah kurangnya keterampilan teknologi di kalangan tenaga kesehatan. Banyak profesional di bidang kesehatan mental merasa tidak siap untuk menggunakan alat digital dalam praktik klinis mereka. Banyak mahasiswa kedokteran dan psikiater muda melaporkan bahwa intervensi kesehatan mental digital jarang dibahas selama pelatihan akademis mereka, yang menyebabkan kesenjangan dalam pemahaman dan penerapan. Kurangnya pendidikan formal ini dapat mengakibatkan skeptisisme tentang kemanjuran alat digital dibandingkan dengan interaksi tatap muka tradisional. Studi menunjukkan bahwa sebagian besar praktisi percaya bahwa intervensi digital kurang efektif, meskipun ada bukti yang muncul yang mendukung kesetaraannya dengan perawatan tatap muka.<sup>1-3</sup>

## 5. Biaya dan Sumber Daya

Implementasi digitalisasi *Screening* dan tatalaksana memerlukan biaya yang signifikan, termasuk biaya peralatan, *software*, dan pelatihan. Selain itu, juga perlu mempertimbangkan sumber daya manusia yang dibutuhkan untuk mengembangkan dan menjalankan sistem digital tersebut. Tantangan ini meliputi memastikan bahwa biaya yang dikeluarkan dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan kualitas *screening* dan terapi.<sup>2</sup>

Pengembangan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas, terdapat beberapa tantangan yang perlu dihadapi terkait dengan aspek biaya dan sumber daya psikiatri. Salah satu tantangan utama adalah biaya pengembangan dan implementasi teknologi digital dalam *screening* dan terapi. Hal ini meliputi biaya pengembangan perangkat lunak khusus, pelatihan bagi tenaga medis, dan perawatan serta pemeliharaan perangkat keras yang diperlukan.<sup>2</sup>

Selain itu, sumber daya manusia yang terampil dalam bidang psikiatri dan teknologi informasi juga menjadi faktor kunci dalam menghadapi tantangan ini. Diperlukan kolaborasi antara tim psikiatri dan tim teknologi informasi untuk mengembangkan solusi digital yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan pasien. Mencari sumber daya manusia yang memiliki keahlian di kedua bidang tersebut dapat menjadi sulit dan memerlukan investasi waktu dan biaya yang signifikan.<sup>2, 4</sup>

Tantangan lainnya adalah integrasi teknologi digital dengan praktik psikiatri yang sudah ada. Psikiatri merupakan bidang yang sangat sensitif dan memerlukan pendekatan yang berbeda-beda untuk setiap pasien. Oleh karena itu, pengembangan solusi digital harus mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan individual pasien dan tidak menggantikan peran penting dari interaksi antara pasien dan dokter.<sup>2</sup>

Berbagai tantangan dalam mengembangkan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas ada, namun potensi manfaatnya bagi pasien sangat besar. Dengan teknologi digital, *screening* dapat dilakukan lebih cepat dan akurat, sementara terapi dapat disesuaikan dengan respons individu pasien

secara lebih efektif. Oleh karena itu, dengan komitmen dan kolaborasi yang kuat antara berbagai pihak terkait, diharapkan bahwa tantangan ini dapat diatasi untuk meningkatkan kualitas layanan psikiatri bagi mereka yang membutuhkannya.<sup>2, 4</sup>

## 6. Penerimaan Masyarakat

Penerimaan masyarakat juga menjadi tantangan dalam implementasi digitalisasi *screening* dan terapi. Beberapa masyarakat mungkin masih ragu-ragu untuk menggunakan teknologi digital dalam proses *screening* dan terapi, terutama jika mereka tidak familiar dengan teknologi tersebut. Oleh karena itu, penting untuk melakukan kampanye kesadaran dan edukasi untuk meningkatkan penerimaan masyarakat terhadap inovasi ini.<sup>6</sup>

Tantangan lainnya adalah integrasi perangkat digital ke dalam sistem layanan kesehatan yang ada. Banyak praktisi ragu untuk mengadopsi teknologi baru karena kekhawatiran tentang privasi, keamanan data, dan potensi miskomunikasi dalam lingkungan digital. Keengganan ini diperparah oleh rasa takut kehilangan aliansi terapeutik yang sangat penting dalam perawatan psikiatri, karena banyak yang percaya bahwa membangun hubungan lebih menantang melalui layar daripada secara langsung.<sup>3,6,7</sup>

Pasien psikiatri seringkali dihadapkan pada diskriminasi dan perlakuan tidak adil dari masyarakat sekitar. Mereka sering kali dianggap tidak normal, lemah, atau bahkan berbahaya. Hal ini membuat banyak pasien merasa malu dan enggan untuk membuka diri tentang kondisi kesehatan mentalnya. Mereka khawatir akan dijauhi atau diasingkan oleh lingkungan sekitar. Selain itu, stigma terhadap pasien psikiatri juga dapat memengaruhi proses *screening* dan terapi. Banyak orang yang merasa takut atau tidak percaya pada *Screening* dan tatalaksana yang diberikan oleh tenaga medis dalam bidang kesehatan mental. Mereka cenderung mencari solusi alternatif atau bahkan mengabaikan masalah kesehatan mental yang mereka alami.<sup>6</sup>

Pengembangan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas, penting untuk memperhatikan tantangan-tantangan yang terkait dengan penerimaan masyarakat

dan stigma terhadap pasien psikiatri. Pendekatan yang holistik dan terintegrasi diperlukan untuk mengatasi masalah ini. Pendidikan masyarakat tentang pentingnya kesehatan mental dan upaya untuk menghilangkan stigma terhadap gangguan mental perlu menjadi bagian integral dari pengembangan kualitas digitalisasi *screening* dan terapi, melalui kampanye penyuluhan, sosialisasi, dan advokasi, diharapkan masyarakat dapat lebih memahami serta mendukung upaya pencegahan dan pengobatan gangguan mental.

6

Peran media massa juga sangat penting dalam membentuk opini publik tentang kesehatan mental. Dukungan dari berbagai pihak, termasuk tokoh masyarakat, selebriti, dan influencer, dapat membantu mengubah pandangan masyarakat tentang pasien psikiatri dan mengurangi stigma yang melekat.<sup>6, 7</sup>

Setelah mengatasi tantangan penerimaan masyarakat dan stigma terhadap pasien psikiatri, pengembangan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas dapat menjadi lebih efektif dan berdampak positif bagi masyarakat luas. Dukungan dan pemahaman yang lebih baik dari masyarakat, diharapkan pasien psikiatri dapat mendapatkan akses yang lebih mudah dan layanan yang lebih baik dalam upaya mendapatkan perawatan kesehatan mental yang mereka butuhkan.<sup>7</sup>

## **7. Integrasi dengan Sistem Kesehatan Lainnya**

Digitalisasi *Screening* dan tatalaksana harus dapat diintegrasikan dengan sistem kesehatan lainnya, seperti rekam medis elektronik dan sistem informasi kesehatan. Tantangan ini meliputi memastikan bahwa data yang dihasilkan oleh sistem digital dapat diakses dan digunakan oleh tenaga medis lainnya dalam proses pengobatan.<sup>5</sup>

Pengembangan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas, terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi dalam aspek integrasi dengan sistem kesehatan lainnya. Salah satu tantangan utamanya adalah integrasi data antara sistem kesehatan mental dengan sistem kesehatan umum. Hal ini memerlukan kerja sama yang erat antara para ahli kesehatan mental dan penyedia layanan kesehatan umum untuk

memastikan bahwa data pasien dapat diakses dan digunakan secara efisien.<sup>5</sup>

Selain itu, tantangan lainnya adalah standar dan regulasi yang berbeda antara kedua sistem kesehatan tersebut. Sistem kesehatan mental mungkin memiliki standar dan regulasi yang berbeda dalam hal penggunaan teknologi dan perlindungan data pasien dibandingkan dengan sistem kesehatan umum. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk menyelaraskan standar dan regulasi ini agar integrasi antara kedua sistem dapat berjalan lancar.<sup>5</sup>

Tantangan lain yang tidak kalah pentingnya adalah adopsi teknologi di kalangan tenaga medis dan tenaga kesehatan mental. Tidak semua tenaga medis atau tenaga kesehatan mental mungkin sudah terbiasa atau memiliki pengetahuan yang cukup dalam penggunaan teknologi untuk *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas. Oleh karena itu, pelatihan dan pendidikan mengenai penggunaan teknologi ini perlu ditingkatkan agar para tenaga medis dan tenaga kesehatan mental dapat mememanfaatkannya secara maksimal.<sup>5</sup>

Selain itu, aspek keamanan data juga menjadi tantangan dalam integrasi dengan sistem kesehatan lainnya. Data pasien mengenai depresi dan ansietas merupakan informasi yang sangat sensitif dan harus dilindungi dengan ketat. Oleh karena itu, diperlukan sistem keamanan data yang kuat agar informasi pasien tetap aman ketika diintegrasikan antara sistem kesehatan mental dan sistem kesehatan umum.<sup>5</sup>

## **8. Pengembangan Konten yang Relevan**

Pengembangan konten yang relevan juga menjadi tantangan dalam implementasi digitalisasi *screening* dan terapi. Konten yang digunakan harus dapat memberikan informasi yang akurat dan bermanfaat bagi pasien, serta dapat digunakan oleh tenaga medis untuk membuat keputusan medis yang tepat. Tantangan ini meliputi memastikan bahwa konten yang digunakan telah diperiksa dan disetujui oleh ahli medis.<sup>1-3,7</sup>

Kualitas konten yang disediakan dalam format digital juga menjadi masalah. Materi pendidikan yang tersedia secara *online* tidak semua memenuhi standar akademik yang diperlukan untuk

pendidikan kedokteran jiwa. Penelitian menunjukkan bahwa ada kebutuhan untuk mengembangkan kurikulum yang terstruktur dan berkualitas tinggi yang dapat diakses secara digital. Efektivitas pembelajaran digital akan sangat terbatas tanpa konten yang baik.<sup>7</sup>

Penilaian efektivitas pembelajaran digital juga menjadi masalah. Kebutuhan untuk mengembangkan metode evaluasi yang sesuai untuk menilai hasil dari pendidikan digital juga ada. Penentuan apakah inovasi digital benar-benar meningkatkan kualitas keilmuan kedokteran jiwa akan sulit tanpa sistem evaluasi yang baik,<sup>1,6,9</sup> sehingga implementasi inovasi pengembangan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas memerlukan perhatian yang serius terhadap beberapa tantangan yang telah disebutkan di atas. Peningkatan kualitas dalam *Screening* dan tatalaksana diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi pasien yang menderita depresi dan ansietas dengan mengatasi tantangan-tantangan tersebut.

## **Pemecahan Masalah**

Untuk mengatasi masalah dalam inovasi pengembangan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi serta ansietas, beberapa strategi dapat diterapkan:

### **1. Peningkatan Aksesibilitas dan Keterjangkauan**

Salah satu tantangan utama dalam layanan kesehatan mental adalah aksesibilitas. Suatu penelitian menyebutkan bahwa *digital mental health tools* dapat meningkatkan akses kepada individu yang mengalami depresi dan ansietas, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa aplikasi dan platform digital tersedia secara luas dan terjangkau bagi semua kalangan, termasuk mereka yang berada di daerah terpencil.<sup>4</sup>

Masalah akses internet yang tidak merata dapat menjadi hambatan dalam digitalisasi pembelajaran kedokteran jiwa. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk menyediakan akses internet yang memadai bagi mahasiswa agar mereka dapat mengakses materi pembelajaran secara lancar. Akses internet yang memadai merupakan faktor kunci dalam keberhasilan pembelajaran *online*. Peningkatan aksesibilitas menjadi faktor yang tidak bisa diabaikan.

Semua mahasiswa, terlepas dari latar belakang ekonomi, harus memiliki akses yang sama terhadap perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Institusi pendidikan bisa menjalin kerja sama dengan penyedia teknologi untuk menyediakan perangkat dengan harga terjangkau atau bahkan gratis bagi mahasiswa yang membutuhkan.<sup>1,7</sup>

## **2. Pendidikan dan Pelatihan untuk Pengguna**

Pendidikan mengenai penggunaan teknologi kesehatan mental sangat penting. Banyak pengguna yang merasa tidak nyaman atau tidak yakin dalam menggunakan aplikasi digital untuk kesehatan mental. Oleh karena itu, program pelatihan bagi pengguna, termasuk sesi informasi tentang manfaat dan cara menggunakan aplikasi tersebut, harus diadakan. Ini dapat membantu meningkatkan keterlibatan dan kepuasan pengguna.<sup>3</sup>

Tenaga pengajar perlu mendapatkan pelatihan dan pendidikan mengenai penggunaan teknologi dalam pembelajaran kedokteran jiwa. Mereka perlu memahami bagaimana memanfaatkan teknologi secara efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan memberikan pengalaman belajar yang menarik bagi mahasiswa. Suatu penelitian menyebutkan bahwa pelatihan yang tepat bagi tenaga pengajar dapat meningkatkan kemampuan mereka dalam menggunakan teknologi untuk pembelajaran. Dosen perlu dilengkapi dengan keterampilan dan pengetahuan tentang teknologi terkini, sehingga mereka bisa mengajar dengan cara yang sesuai dengan perkembangan zaman. Pelatihan ini bisa berupa *workshop*, seminar, atau program pengembangan profesional yang berfokus pada penggunaan alat digital dalam pengajaran.<sup>6,7,9</sup>

## **3. Integrasi dengan Layanan Kesehatan Tradisional**

Integrasi antara terapi digital dan layanan kesehatan mental tradisional dapat meningkatkan efektivitas pengobatan. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi yang didukung oleh profesional kesehatan mental, seperti pelatih atau terapis, dapat meningkatkan hasil terapi. Penggabungan pendekatan digital dengan perawatan tatap muka, membuat pasien dapat memperoleh dukungan yang lebih komprehensif.<sup>6</sup>

Koordinasi antara layanan kesehatan tradisional dan layanan kesehatan modern perlu adanya dalam hal *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas. Hal ini dapat dilakukan dengan mengadakan pelatihan bagi praktisi kesehatan tradisional mengenai pengenalan gejala depresi dan ansietas, serta cara penanganannya yang sesuai dengan metode tradisional. Selain itu, kolaborasi antara praktisi kesehatan tradisional dan modern dalam menentukan *screening* yang tepat juga perlu ditingkatkan. <sup>6</sup>

Pengembangan kualitas digitalisasi *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas juga perlu mendapat perhatian. Hal ini dapat dilakukan dengan memperkenalkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) kepada praktisi kesehatan tradisional untuk mendukung proses *screening* dan terapi. Selain itu, pengembangan aplikasi atau platform digital yang memudahkan pasien psikiatri untuk mendapatkan informasi tentang depresi dan ansietas serta terapi yang tersedia juga dapat menjadi solusi yang efektif. <sup>6, 7</sup>

Sosialisasi kepada masyarakat mengenai pentingnya integrasi antara layanan kesehatan tradisional dan modern dalam penanganan depresi dan ansietas juga perlu dilakukan. Kesadaran masyarakat perlu ditingkatkan akan pentingnya integrasi ini, sehingga diharapkan akan tercipta lingkungan yang mendukung bagi pasien psikiatri dalam mendapatkan perawatan yang holistik. <sup>6, 7</sup> Terakhir, perlu adanya dukungan dari pemerintah dalam hal kebijakan yang mendukung integrasi antara layanan kesehatan tradisional dan modern dalam penanganan depresi dan ansietas. Hal ini dapat berupa penyediaan dana untuk pelatihan praktisi kesehatan tradisional, pengembangan teknologi digital, serta sosialisasi kepada masyarakat. <sup>6, 7</sup>

#### **4. Pengembangan Konten yang Berdasarkan Bukti**

Kualitas konten dalam aplikasi kesehatan mental harus didasarkan pada penelitian yang kuat dan praktik terbaik. Banyak aplikasi yang tersedia saat ini tidak memiliki bukti ilmiah yang mendukung efektivitasnya. Oleh karena itu, pengembang aplikasi harus bekerja sama dengan para ahli di bidang kesehatan mental untuk memastikan bahwa konten yang disediakan efektif dan relevan. <sup>1-4,7</sup>

Pengembangan konten digital yang berkualitas sangat penting dalam inovasi digitalisasi pembelajaran kedokteran jiwa. Konten digital yang menarik dan relevan dapat meningkatkan minat dan pemahaman mahasiswa terhadap materi pembelajaran. Pengembangan konten digital yang berkualitas dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran *online*.<sup>1,6</sup>

Pengembangan kurikulum berbasis teknologi juga menjadi sangat penting. Kurikulum ini harus dirancang untuk mengintegrasikan alat digital yang mendukung pembelajaran aktif. Penggunaan platform *e-learning* yang interaktif dapat membantu mahasiswa memahami konsep-konsep kompleks dalam kedokteran jiwa melalui simulasi dan studi kasus. Dengan demikian, mahasiswa dapat belajar dengan cara yang lebih menarik dan aplikatif.<sup>1,4,6</sup>

Metode pendidikan berbasis masalah (*Problem-Based Learning*) juga bisa diterapkan untuk mendorong mahasiswa berpikir kritis. Dalam metode ini, mahasiswa dihadapkan pada masalah nyata yang harus mereka pecahkan, sehingga mereka dapat belajar cara menerapkan pengetahuan teoritis dalam situasi praktis. Ini sangat relevan dalam konteks kedokteran jiwa, di mana pemecahan masalah klinis adalah keterampilan yang sangat penting.<sup>3,8</sup>

## **5. Penggunaan Teknologi untuk Pemantauan dan Penilaian**

Teknologi dapat digunakan untuk pemantauan berkelanjutan terhadap kondisi mental pengguna. Dengan menerapkan metode pengumpulan data yang aktif dan pasif, seperti pengukuran *mood* dan perilaku melalui sensor *smartphone*, profesional kesehatan dapat mendapatkan wawasan yang lebih baik tentang kondisi pasien. Ini memungkinkan intervensi yang lebih tepat waktu dan sesuai dengan kebutuhan individu.<sup>5</sup>

Evaluasi dan umpan balik dari mahasiswa mengenai pengalaman pembelajaran digital juga sangat penting. Dengarkan masukan dari klinisi yang menggunakan sehingga institusi pendidikan dapat terus melakukan perbaikan dan peningkatan terhadap inovasi digitalisasi pembelajaran kedokteran jiwa. Umpan balik dari mahasiswa dapat membantu dalam meningkatkan kualitas pembelajaran *online*. Penting untuk terus melakukan evaluasi dan

pembaruan terhadap strategi yang diterapkan. Dunia pendidikan dan teknologi terus berkembang, sehingga institusi harus siap untuk beradaptasi dengan perubahan. Melakukan survei dan penelitian secara berkala untuk memahami kebutuhan mahasiswa dan tren terbaru dalam pendidikan digital dapat membantu institusi tetap relevan dan efektif. Keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran juga harus diperhatikan. Memberikan platform bagi mahasiswa untuk berkontribusi dalam pengembangan materi pembelajaran dan berbagi pengalaman mereka dapat meningkatkan rasa kepemilikan dan keterlibatan mereka dalam proses belajar. Diskusi kelompok, forum *online*, dan proyek kolaboratif dapat menjadi sarana yang efektif untuk mencapai tujuan ini.<sup>3-5</sup>

## **6. Membangun Kepercayaan dan Privasi**

Kepercayaan pengguna terhadap aplikasi kesehatan mental sangat penting. Isu privasi dan keamanan data sering kali menjadi hambatan bagi pengguna untuk mengadopsi teknologi ini. Pengembang perlu memastikan bahwa data pengguna dilindungi dengan baik dan transparan mengenai bagaimana data tersebut akan digunakan. Membangun kebijakan privasi yang kuat dan jelas dapat meningkatkan kepercayaan pengguna.<sup>1</sup>

Penting untuk memastikan bahwa data pasien disimpan dan diakses dengan aman. Hal ini dapat dilakukan dengan mengimplementasikan sistem keamanan yang kuat, seperti enkripsi data dan akses terbatas hanya kepada pihak yang berwenang. Pasien perlu yakin bahwa informasi pribadi mereka tidak akan disalahgunakan atau diakses oleh pihak yang tidak berwenang.<sup>1</sup>

Transparansi dalam penggunaan teknologi digital juga sangat penting. Pasien perlu diberitahu secara jelas bagaimana data mereka akan digunakan, baik untuk *screening* maupun terapi. Mereka juga perlu diberi kesempatan untuk memberikan persetujuan sebelum data mereka digunakan untuk keperluan apapun.<sup>1</sup>

Selain itu, melibatkan pasien dalam pengembangan teknologi digital juga dapat membantu membangun kepercayaan. Teknologi dapat dikembangkan sesuai dengan harapan dan

kebutuhan mereka dengan mendengarkan masukan dan kebutuhan pasien,. Hal ini juga dapat membantu pasien merasa lebih terlibat dalam proses perawatan mereka. <sup>1</sup>

Selain itu, penting untuk memastikan bahwa teknologi digital yang digunakan untuk *Screening* dan tatalaksana depresi dan ansietas telah teruji keamanannya dan efektivitasnya. Pasien perlu yakin bahwa teknologi tersebut dapat membantu memperbaiki kualitas hidup mereka tanpa menimbulkan risiko tambahan. <sup>1</sup>

Pendekatan holistik dalam pengembangan teknologi digital juga perlu ditekankan. Hal ini berarti tidak hanya memperhatikan aspek medis dari depresi dan ansietas, tetapi juga aspek psikologis, sosial, dan lingkungan. Dengan demikian, pasien akan merasa bahwa teknologi digital yang dikembangkan benar-benar memperhatikan kebutuhan mereka secara menyeluruh. <sup>1</sup>

## **7. Pengembangan Fitur Interaktif dan Personalisasi**

Aplikasi yang menawarkan fitur interaktif, seperti *chatbot* atau dukungan langsung dari pelatih, dapat meningkatkan keterlibatan pengguna. Penelitian menunjukkan bahwa interaksi manusia, meskipun dalam bentuk digital, dapat meningkatkan pengalaman pengguna dan efektivitas terapi. Selain itu, personalisasi konten berdasarkan kebutuhan individu dapat membuat terapi lebih relevan dan efektif. <sup>5</sup>

Penggunaan platform pembelajaran interaktif seperti forum diskusi *online*, kuis interaktif, dan simulasi kasus dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran. Suatu studi menyebutkan bahwa penggunaan platform pembelajaran interaktif dapat meningkatkan partisipasi mahasiswa dan memperkuat pemahaman mereka terhadap materi. Penggunaan simulasi dan realitas virtual juga menjadi salah satu strategi yang menjanjikan. Teknologi ini memungkinkan mahasiswa untuk berlatih dalam lingkungan yang aman dan terkendali, serta mendapatkan pengalaman praktis yang sangat berharga. Mahasiswa dapat menghadapi situasi klinis yang realistis dengan simulasi, dan belajar untuk mengambil keputusan yang tepat tanpa risiko bagi pasien. <sup>1,2,6</sup>

Pengembangan fitur interaktif dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) untuk menciptakan platform yang mampu memberikan respons secara *real-time* terhadap kondisi pasien. Fitur ini dapat mencakup *chatbot* yang mampu memberikan dukungan dan informasi kepada pasien kapan pun diperlukan. Selain itu, personalisasi terapi juga dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan data pasien secara individual untuk menentukan pendekatan terapi yang lebih tepat sesuai dengan kebutuhan masing-masing pasien.

1,2,6

Penting untuk mengembangkan platform yang mampu mengumpulkan data secara terintegrasi dari berbagai sumber dalam hal digitalisasi *screening* dan terapi, termasuk rekam medis pasien, hasil tes psikologis, dan feedback langsung dari pasien, sehingga dokter dapat memiliki akses yang lebih komprehensif terhadap informasi mengenai kondisi pasien untuk menentukan *screening* yang lebih akurat dan merancang terapi yang lebih efektif. Selain itu, pengembangan kualitas digitalisasi juga dapat melibatkan penggunaan teknologi sensor untuk memantau kondisi fisik dan mental pasien secara *real-time* di lingkungan sehari-hari. Hal ini dapat membantu dalam mendeteksi perubahan perilaku atau kondisi kesehatan secara dini, sehingga intervensi dapat dilakukan lebih cepat dan tepat.

1,2,6

Selanjutnya, integrasi *platform* digital dengan jaringan kerja sama lintas sektor seperti rumah sakit, klinik, pusat kesehatan jiwa, dan tenaga medis lainnya juga menjadi solusi yang penting, sehingga informasi mengenai *Screening* dan tatalaksana pasien dapat diakses secara bersama-sama oleh para profesional kesehatan yang terlibat dalam perawatan pasien, sehingga koordinasi perawatan dapat dilakukan secara lebih efisien.

1,2,6

Terakhir, pendekatan holistik yang melibatkan psikiater, psikolog, serta dukungan dari keluarga dan lingkungan sosial pasien juga merupakan solusi yang tidak boleh diabaikan. Dengan melibatkan berbagai pihak terkait, pasien dapat mendapatkan perawatan yang komprehensif dan berkelanjutan untuk mengatasi depresi dan ansietas.<sup>2</sup>

## **8. Evaluasi dan Penelitian Berkelanjutan**

Melakukan evaluasi yang berkelanjutan terhadap efektivitas aplikasi dan intervensi digital sangat penting. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan intervensi digital dalam konteks kesehatan mental. Pengumpulan data dari berbagai sumber dan melakukan analisis yang mendalam, dapat terus memperbaiki aplikasi dan strategi intervensi mereka.<sup>7</sup>

Evaluasi dan umpan balik dari mahasiswa mengenai pengalaman pembelajaran digital juga sangat penting, dengan mendengarkan masukan dari mahasiswa, institusi pendidikan sehingga dapat terus melakukan perbaikan dan peningkatan terhadap inovasi digitalisasi pembelajaran kedokteran jiwa. Umpan balik dari mahasiswa dapat membantu dalam meningkatkan kualitas pembelajaran *online*. Penting untuk terus melakukan evaluasi dan pembaruan terhadap strategi yang diterapkan. Dunia pendidikan dan teknologi terus berkembang, sehingga institusi harus siap untuk beradaptasi dengan perubahan. Survei dan penelitian dilakukan secara berkala untuk memahami kebutuhan mahasiswa dan tren terbaru dalam pendidikan digital dapat membantu institusi tetap relevan dan efektif. Keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran juga harus diperhatikan. Pemberian platform bagi mahasiswa untuk berkontribusi dalam pengembangan materi pembelajaran dan berbagi pengalaman mereka dapat meningkatkan rasa kepemilikan dan keterlibatan mereka dalam proses belajar. Diskusi kelompok, forum *online*, dan proyek kolaboratif dapat menjadi sarana yang efektif untuk mencapai tujuan ini.<sup>3-5</sup>

## **9. Mengatasi Stigma dan Meningkatkan Kesadaran**

Stigma terkait kesehatan mental masih menjadi masalah besar yang menghambat individu untuk mencari bantuan. Oleh karena itu, kampanye kesadaran yang menekankan pentingnya kesehatan mental dan manfaat dari terapi digital dapat membantu mengurangi stigma. Edukasi masyarakat tentang kesehatan mental dan cara-cara baru dalam mengakses perawatan dapat meningkatkan penerimaan terhadap teknologi ini.<sup>1-4,6</sup>

Masyarakat perlu diberikan pemahaman yang lebih baik mengenai gangguan mental seperti depresi dan ansietas melalui kampanye-kampanye penyuluhan dan edukasi. Informasi mengenai gejala, *screening*, dan terapi yang efektif perlu disosialisasikan agar masyarakat lebih memahami kondisi pasien psikiatri.<sup>1-4</sup>

Pemanfaatan media sosial dapat menjadi sarana efektif untuk menyebarkan informasi mengenai depresi dan ansietas serta bagaimana cara mendukung pasien psikiatri. Konten-konten edukatif dapat dihadirkan secara kreatif untuk menjangkau lebih banyak orang. Kerja sama antara lembaga kesehatan, pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, dan pihak-pihak terkait lainnya perlu ditingkatkan untuk menciptakan program-program yang dapat mengurangi stigma dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kondisi psikiatri.<sup>1-4</sup>

Pengembangan aplikasi kesehatan mental yang dapat memberikan informasi, dukungan, dan layanan terkait depresi dan ansietas perlu didorong. Aplikasi ini dapat menjadi sarana untuk memudahkan akses masyarakat dalam mendapatkan informasi dan bantuan terkait kesehatan mental.<sup>1-4</sup>

## **10. Kolaborasi Multidisipliner**

Mengembangkan solusi yang efektif untuk masalah kesehatan mental memerlukan kolaborasi antara berbagai disiplin ilmu. Profesional kesehatan mental, pengembang teknologi, peneliti, dan pembuat kebijakan harus bekerja sama untuk menciptakan sistem yang lebih baik untuk mendukung kesehatan mental. Kolaborasi ini dapat menghasilkan inovasi yang lebih baik dan strategi yang lebih efektif dalam mengatasi masalah kesehatan mental.<sup>8</sup>

Kolaborasi interdisipliner juga penting dalam menciptakan inovasi dalam pembelajaran. Penggabungan berbagai disiplin ilmu, seperti psikologi, teknologi informasi, dan pendidikan, dapat menghasilkan solusi yang lebih kreatif dan efektif. Kolaborasi dengan ahli teknologi informasi untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa kedokteran jiwa.<sup>4,9</sup>

Kolaborasi multidisipliner melibatkan berbagai jenis tenaga kesehatan seperti psikiater, psikolog, perawat jiwa, terapis fisik, dan tenaga medis lainnya. Kerja sama antar disiplin ilmu ini diperlukan agar para profesional dapat saling melengkapi dalam memberikan perawatan yang holistik bagi pasien. <sup>4,9</sup> Para profesional dapat menggunakan teknologi untuk mempermudah proses *screening* dan pemantauan kondisi pasien dalam hal pengembangan kualitas digitalisasi *screening* dan terapi, misalnya dengan adanya aplikasi kesehatan mental atau platform telemedicine, para pasien dapat dengan mudah mengakses layanan kesehatan mental tanpa harus datang ke klinik atau rumah sakit.<sup>5</sup>

Selain itu, pengembangan kualitas digitalisasi juga dapat membantu para profesional dalam memantau perkembangan pasien secara lebih terstruktur. Para profesional dengan menggunakan rekam medis digital dapat dengan mudah melihat riwayat kesehatan pasien dan merencanakan terapi yang sesuai dengan kondisi pasien.<sup>5</sup>

Kolaborasi multidisipliner sangat penting bagi para profesional untuk saling berkomunikasi dan bekerja sama dalam merumuskan rencana perawatan yang terbaik bagi pasien. Teknologi digital dan komunikasi antar disiplin ilmu dapat menjadi lebih efisien dan terkoordinasi. <sup>4,9</sup> Penerapan strategi-strategi ini, diharapkan dapat meningkatkan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi serta ansietas dan memberikan manfaat yang lebih besar bagi individu yang membutuhkan.

## **Kesimpulan dan Saran**

Kemajuan teknologi digital yang pesat menghadirkan peluang yang signifikan untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan layanan kesehatan mental dalam bidang psikiatri. Beberapa tantangan harus diatasi untuk mewujudkan potensi penuh inovasi digital dalam pelatihan psikiatri. Isu-isu utama meliputi kurangnya keterampilan digital di kalangan profesional kesehatan, masalah etika terkait privasi, keterbatasan akses ke teknologi, dan penolakan terhadap perubahan. Tantangan-tantangan ini menggarisbawahi kebutuhan mendesak akan strategi komprehensif untuk meningkatkan integrasi perangkat digital dalam pendidikan psikiatri.

Digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana kesehatan mental memiliki potensi transformasional untuk meningkatkan kualitas perawatan bagi individu yang mengalami depresi dan ansietas. Meskipun terdapat berbagai tantangan, seperti keterbatasan akses, kualitas data, dan penerimaan masyarakat, strategi yang tepat dapat diimplementasikan untuk mengatasi masalah tersebut. Peningkatan aksesibilitas, melibatkan tenaga medis, dan memastikan keamanan data, kita dapat menciptakan sistem kesehatan mental yang lebih inklusif dan efektif. Kolaborasi antara berbagai disiplin ilmu dan penelitian berkelanjutan akan menjadi kunci untuk mengoptimalkan solusi digital ini di masa depan, sehingga memberikan manfaat yang signifikan bagi kesehatan mental individu di seluruh dunia.

Masalah ini dapat diatasi secara efektif untuk menerapkan program pelatihan yang kuat yang meningkatkan kompetensi digital di kalangan penyedia layanan kesehatan. Pelatihan semacam itu harus diintegrasikan ke dalam kurikulum medis dan berfokus pada aplikasi praktis psikiatri digital. Selain itu, memperkuat pedoman etika dan memastikan kepatuhan terhadap peraturan privasi akan mendorong pendekatan yang bertanggung jawab untuk menggunakan perangkat digital dalam praktik klinis.

Peningkatan akses ke teknologi dan infrastruktur sama pentingnya. Kolaborasi antara pemerintah, lembaga pendidikan, dan sektor swasta dapat membantu menjembatani kesenjangan teknologi, khususnya di daerah-daerah yang kurang terlayani. Lebih jauh lagi, mengembangkan konten pendidikan digital berkualitas tinggi yang memenuhi standar akademis akan meningkatkan efektivitas pembelajaran digital.

Peningkatan kualitas digitalisasi dalam *Screening* dan tatalaksana depresi serta ansietas, penting untuk meningkatkan infrastruktur teknologi, terutama di daerah terpencil, agar aksesibilitas lebih baik. Kampanye edukasi yang menekankan pentingnya kesehatan mental dan manfaat aplikasi digital dapat membantu mengurangi stigma dan meningkatkan penerimaan masyarakat. Selain itu, pelatihan yang komprehensif bagi tenaga medis sangat diperlukan untuk memastikan mereka memiliki keterampilan yang memadai dalam menggunakan alat digital.

Kolaborasi antara pengembang aplikasi dan profesional kesehatan mental akan memastikan bahwa konten yang disediakan berbasis bukti dan relevan. Penguatan kebijakan privasi dan keamanan data juga krusial untuk meningkatkan kepercayaan pengguna. Terakhir, integrasi antara layanan digital dan tradisional serta evaluasi berkelanjutan terhadap efektivitas intervensi digital akan membantu menciptakan sistem kesehatan mental yang lebih komprehensif dan efektif.

Penolakan terhadap perubahan melalui kampanye dapat diatasi dengan kesadaran yang menyoroti manfaat pembelajaran digital sangatlah penting yang memberikan bukti empiris tentang efektivitas perangkat digital dapat membantu mengubah persepsi di antara para profesional kesehatan yang skeptis. Singkatnya, digitalisasi pendidikan psikiatri dapat meningkatkan pemberian layanan kesehatan mental secara signifikan. Investasi dalam pelatihan, infrastruktur, dan konten berkualitas sambil mengatasi masalah etika dan penolakan, bidang ini dapat menumbuhkan generasi baru profesional kesehatan mental yang siap menghadapi tantangan praktik psikiatri modern.

## Referensi

1. Yosep I, Suryani S, Mediani HS, Mardhiyah A, Maulana I. Digital therapy: Alleviating anxiety and depression in adolescent students during COVID-19 *online* learning - A scoping review. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*. 2023 Jun;Volume 16:1705–19. doi:10.2147/jmdh.s416424
2. Lattie EG, Adkins EC, Winkquist N, Stiles-Shields C, Wafford QE, Graham AK. Digital Mental Health Interventions for depression, anxiety, and enhancement of psychological well-being among college students: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*. 2019 Jul 22;21(7). doi:10.2196/12869
3. Loukieh P by Stephanie, Loukieh S, Stephanie Loukieh Stephanie is postgraduate researcher at the University of Manchester researching cognitive resources, Stephanie is a postgraduate researcher at the University of Manchester researching cognitive resources, Website M

- posts -, Twitter LinkedIn. Digital CBT for depression or anxiety and long-term medical conditions [Internet]. 2024 [cited 2024 Aug 21]. Available from: <https://www.nationalelfservice.net/treatment/digital-health/digital-cbt-can-help-people-with-depression-or-anxiety-and-comorbid-long-term-medical-conditions/>
4. Kim J, Aryee LM, Bang H, Prajogo S, Choi YK, Hoch JS, et al. Effectiveness of digital mental health tools to reduce depressive and anxiety symptoms in low- and middle-income countries: Systematic review and meta-analysis. *JMIR Mental Health*. 2023 Mar 20;10. doi:10.2196/43066
  5. Saylam B, İncel ÖD. Multitask learning for mental health: Depression, anxiety, stress (DAS) using wearables. *Diagnostics*. 2024 Feb 26;14(5):501. doi:10.3390/diagnostics14050501
  6. Szigethy EM, Silfee V, Marroquin MA, Pavlick AN, Wallace ML, Williams KR, et al. A digital cognitive-behavioral intervention for depression and anxiety among adolescents and young adults. *Psychiatric Services*. 2023 Apr 1;74(4):437–40. doi:10.1176/appi.ps.202200045
  7. Torous, J, Bucci, S, Bell, IH, Kessing, LV, Faurholt-Jepsen, M, Whelan, P, et al. The growing field of digital psychiatry: Current evidence and the future of apps, social media, Chatbots, and virtual reality. Wiley; 2021.
  8. King's College London. New digital therapy reduces anxiety and depression in people living with long-term physical health conditions [Internet]. King's College London; 2024 [cited 2024 Aug 21]. Available from: <https://www.kcl.ac.uk/news/new-digital-therapy-reduces-anxiety-and-depression-in-people-living-with-long-term-physical-health-conditions>
  9. Crawford A, Sunderji N, López J, Soklaridis S. Defining competencies for the practice of telepsychiatry through an assessment of resident learning needs Approaches to teaching and learning. *BMC Med Educ*. 2016 Jan 26;16(1).

## Biodata



### **Prof. Dr. dr. Elmeida Effendy, MKed, Sp.KJ(K)**

lahir di Leiden (Holland), 1 Mei 1972. Menyelesaikan profesi dokter di Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara tahun 1997. Melanjutkan spesialisasi Kedokteran Jiwa sebagai psikiater (Sp.KJ) di Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara tahun 2004. Lulus sebagai Magister Kedokteran Klinik (S2) dengan gelar MKed di Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara tahun 2012. Lulus S3 (Doktor) Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara (FK USU) tahun 2013. Memperoleh konsultan Psikiatri Biologik oleh Kolegium Psikiatri Indonesia tahun 2014. Saat ini penulis telah menghasilkan berbagai penelitian, artikel, karya tulis yang dimuat di jurnal nasional maupun internasional dan buku terkait masalah kejiwaan. Penulis juga aktif di dalam kegiatan seminar, simposium, workshop baik sebagai narasumber, instruktur, moderator maupun peserta. Pernah mendapat berbagai penghargaan antara lain *Special Research Award 7 Schizophrenia National Conference 2014*, *Travel Award 11<sup>th</sup> Annual Meeting of JSSR*, Gunma, Japan 2016, Ketua Program Studi Berprestasi 2016, Tanda Kehormatan Satyalancana Kaya Satya X Tahun 2017, *Best Presentation Award ICPPD 2017 : 19<sup>th</sup> International Conference on Psychiatry and Psychiatric Disability*, Kuala Lumpur Malaysia, Academic Leader 2018, Top 500 Author Sinta Award 2020. Pidato Pengukuhan Guru Besar Penulis : Optimalisasi Telepsikiatri dalam Sinergisme Aspek Tridarma Perguruan Tinggi di *Era Society 5.0*.

# **Digitalisasi Pembelajaran Pembekalan KKN Internasional melalui *Learning Management System kelaspintar.usu.ac.id***

**Rudy Sofyan**

## **I. Pendahuluan**

Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Internasional merupakan salah satu bentuk pengabdian kepada masyarakat yang melibatkan mahasiswa dari berbagai program studi, universitas, dan negara. Program ini dirancang untuk memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmu yang telah dipelajari. Selain itu, program ini juga bertujuan untuk mengembangkan soft skills dan mematangkan kepribadian mereka. Salah satu kegiatan penting dalam program KKN Internasional ini adalah pembekalan, yang bertujuan untuk mempersiapkan mahasiswa secara matang dalam hal keterampilan, pengetahuan, dan adaptasi budaya.

Namun, pelaksanaan pembekalan KKN Internasional secara *offline* sebelumnya telah menghadapi sejumlah kendala. Salah satu masalah utama yang muncul adalah kesulitan dalam menyelaraskan waktu pembekalan. Peserta yang berasal dari berbagai program studi (lintas prodi) dan universitas yang berbeda (lintas universitas dan lintas negara) memiliki jadwal perkuliahan dan kegiatan akademik yang tidak seragam. Akibatnya, sulit untuk menemukan waktu yang tepat bagi seluruh peserta untuk mengikuti pembekalan secara bersamaan. Selain itu, pembekalan yang bersifat tatap muka memerlukan kehadiran fisik di satu lokasi. Ini sering kali menjadi tantangan bagi mahasiswa yang berada di lokasi geografis yang berbeda, sehingga mereka kesulitan untuk hadir secara fisik.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pembekalan secara daring menjadi alternatif yang potensial untuk mengatasi masalah tersebut. Metode ini menawarkan fleksibilitas yang lebih besar, sehingga mahasiswa dapat berpartisipasi tanpa terhalang oleh jarak. Namun, merancang sistem pembekalan *online* juga

menghadirkan tantangan tersendiri. Keterbatasan infrastruktur teknologi di beberapa wilayah menjadi salah satu kendala utama. Selain itu, kurangnya pengalaman dalam penggunaan platform digital dapat memengaruhi efektivitas pembekalan. Kegiatan daring juga sering kali menghadapi kesulitan dalam menciptakan interaksi yang efektif. Oleh karena itu, diperlukan perancangan sistem yang lebih fleksibel dan efisien agar pembekalan KKN Internasional dapat berjalan dengan lancar. Dengan pendekatan yang tepat, program ini dapat menjawab berbagai tantangan yang ada dan memberikan manfaat yang maksimal bagi mahasiswa.

Untuk mendukung pelaksanaan KKN Internasional, Universitas Sumatera Utara (USU) telah mengimplementasikan inovasi berbasis digital melalui platform daring *Learning Management System* (LMS) yang dapat diakses di [kelaspintar.usu.ac.id](http://kelaspintar.usu.ac.id). Platform ini dirancang sebagai media pembelajaran daring yang secara khusus dikembangkan untuk memberikan solusi pembelajaran yang fleksibel dan interaktif bagi mahasiswa. Dengan mengintegrasikan berbagai fitur canggih, Kelaspintar tidak hanya memfasilitasi mahasiswa dalam proses belajar, tetapi juga memberikan dukungan bagi dosen dalam menyampaikan materi secara efektif dan menarik. Fitur-fitur seperti modul teks, video pembelajaran, kuis interaktif, dan forum diskusi memungkinkan dosen untuk menyajikan materi dalam berbagai format, yang sesuai dengan beragam gaya belajar mahasiswa. Hal ini menjadikan proses pembelajaran lebih dinamis dan mendorong partisipasi aktif dari mahasiswa. Selain itu, penggunaan Kelaspintar mendukung penerapan sistem pembelajaran mutakhir, yang memanfaatkan teknologi digital untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih fleksibel dan dapat diakses kapan saja dan di mana saja. Teknologi ini memungkinkan mahasiswa dan dosen untuk berinteraksi tanpa terhalang oleh batasan geografis maupun waktu, sebuah aspek penting bagi mahasiswa yang mengikuti program KKN Internasional dengan jadwal yang tidak selalu teratur. Implementasi platform ini juga sejalan dengan upaya USU dalam mendorong transformasi digital di bidang pendidikan tinggi [1] – [3]. Dengan hadirnya Kelaspintar, Universitas Sumatera Utara menunjukkan komitmennya dalam memanfaatkan teknologi untuk

meningkatkan kualitas dan efektivitas pembelajaran, serta mempersiapkan mahasiswa agar lebih siap menghadapi tantangan di era digital.

LMS pada KelasPintar menyediakan beragam materi pembelajaran, mulai dari modul teks, video pembelajaran, hingga kuis interaktif. Fitur-fitur ini dirancang untuk membantu mahasiswa memahami konsep secara lebih mendalam dan efektif. Dengan dukungan teknologi digital, LMS ini memungkinkan proses belajar-mengajar berlangsung tanpa terbatas oleh ruang dan waktu. Mahasiswa dapat mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja melalui model pembelajaran asinkronus, yang memungkinkan mereka belajar sesuai dengan kebutuhan dan jadwal masing-masing. Pembelajaran asinkronus ini sangat penting dalam mendukung fleksibilitas belajar, terutama bagi mahasiswa yang memiliki jadwal padat, seperti mahasiswa yang sedang mengikuti KKN Internasional. Mahasiswa dalam program ini sering kali harus menyesuaikan waktu belajar dengan kegiatan lapangan yang tidak teratur, sehingga kehadiran LMS yang memungkinkan akses materi secara fleksibel menjadi sangat berharga. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan berbagai manfaat dari pembelajaran asinkronus, seperti peningkatan kemandirian belajar, efisiensi waktu, dan kemampuan untuk meninjau kembali materi sesuai kebutuhan [4] – [7]. Keleluasaan ini menjadi salah satu aspek krusial dalam pembelajaran modern, terutama bagi mahasiswa yang perlu menyeimbangkan berbagai komitmen akademik dan non-akademik. Dengan demikian, LMS seperti KelasPintar berperan signifikan dalam mendukung pembelajaran yang lebih adaptif dan sesuai dengan kebutuhan individu.

Selain itu, platform LMS ini dilengkapi dengan fitur diskusi dan forum, yang memungkinkan mahasiswa untuk berinteraksi satu sama lain dan dengan dosen secara langsung. Fitur ini menciptakan ruang kolaborasi yang lebih hidup, di mana mahasiswa dapat bertukar ide, mendiskusikan topik-topik penting, dan saling memberikan dukungan satu sama lain. Interaksi ini sangat penting untuk membangun komunitas belajar yang solid, terutama dalam konteks KKN yang memerlukan kerja sama tim yang baik. LMS ini juga menyediakan pelacakan kemajuan belajar, yang

memungkinkan mahasiswa untuk memantau perkembangan mereka dalam memahami materi. Dengan adanya fitur ini, mahasiswa dapat mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki dan menyesuaikan strategi belajar mereka sesuai kebutuhan. Dosen pun dapat melihat kemajuan mahasiswa secara real-time, sehingga mereka dapat memberikan bimbingan yang lebih tepat dan sesuai.

Dengan semua keunggulan yang ditawarkan, LMS pada kelaspintar ini menjadi alat yang sangat efektif dalam mempersiapkan mahasiswa untuk menghadapi tantangan di lapangan selama KKN Internasional. Dengan pendekatan yang berbasis teknologi, USU tidak hanya memastikan bahwa mahasiswa siap secara akademis, tetapi juga secara mental dan emosional. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan pengalaman mahasiswa, serta memberikan dampak positif yang signifikan dalam pengabdian kepada masyarakat. Melalui penggunaan platform ini, USU berkomitmen untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih baik dan relevan dengan kebutuhan zaman, sehingga mahasiswa dapat berkontribusi secara optimal dalam proyek KKN Internasional mereka.

## **II. Masalah**

Implementasi penggunaan platform LMS pada *kelaspintar.usu.ac.id* dalam pembelajaran pembekalan KKN Internasional 2024 menghadapi beberapa tantangan dan kendala yang perlu diperhatikan untuk memastikan kesuksesan dan efektivitas pembelajaran. Beberapa masalah utama yang dihadapi dalam pemanfaatan platform daring ini antara lain:

### **1. Kurangnya Keterlibatan Mahasiswa dalam Pembelajaran Daring**

Platform Kelaspintar, meskipun menawarkan berbagai fitur interaktif seperti video pembelajaran, diskusi daring, dan kuis, menghadapi tantangan dalam meningkatkan tingkat keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran daring. Rendahnya keterlibatan mahasiswa ini bisa dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan. Salah satunya adalah kurangnya interaksi langsung antara mahasiswa dan dosen, yang dapat mengurangi

kesempatan bagi mahasiswa untuk mendapatkan umpan balik secara langsung dan membangun hubungan yang lebih personal dengan pengajar. Selain itu, motivasi mahasiswa untuk aktif terlibat dalam diskusi dan mengikuti materi secara mandiri sering kali rendah, terutama ketika mereka merasa kurang terdorong atau tidak tertarik pada format pembelajaran daring. Kualitas diskusi daring juga sering menjadi kendala, karena diskusi yang tidak interaktif atau kurang mendalam dapat membuat mahasiswa merasa bosan dan tidak tertarik untuk berpartisipasi.

Faktor lain yang berpengaruh adalah minimnya rasa kebersamaan di antara mahasiswa. Pembelajaran daring sering kali mengisolasi individu, sehingga sulit bagi mereka untuk merasakan koneksi dan semangat kelompok yang biasa ditemukan dalam interaksi tatap muka. Akibatnya, mahasiswa cenderung merasa kurang termotivasi untuk berkolaborasi atau mendukung satu sama lain selama proses pembelajaran.

## **2. Kesenjangan Akses Teknologi**

Tantangan lain yang signifikan dalam implementasi penggunaan LMS pada KelasPintar adalah perbedaan aksesibilitas teknologi di antara mahasiswa, terutama bagi mereka yang berasal dari daerah terpencil atau memiliki keterbatasan dalam mengakses internet yang stabil. Platform KelasPintar mengandalkan koneksi internet yang memadai untuk mengakses berbagai fitur penting seperti video pembelajaran, forum diskusi, dan materi digital lainnya. Namun, tidak semua mahasiswa memiliki akses yang setara terhadap teknologi ini, sehingga menimbulkan beberapa kendala dalam proses pembelajaran. Mahasiswa yang menghadapi keterbatasan akses internet berpotensi mengalami kesulitan dalam mengikuti pembekalan secara optimal. Masalah-masalah seperti koneksi yang lambat, gangguan sinyal, atau keterbatasan kuota internet bisa menghambat mereka dalam mengunduh materi, menonton video pembelajaran, atau berpartisipasi dalam diskusi daring. Kondisi ini dapat menyebabkan mereka tertinggal dalam memahami materi atau bahkan melewatkan informasi penting yang dibutuhkan untuk mempersiapkan diri sebelum terjun ke lapangan KKN Internasional. Dampak dari keterbatasan akses ini cukup

serius, terutama dalam mempengaruhi kesiapan mahasiswa untuk berpartisipasi dalam kegiatan KKN Internasional. Mahasiswa yang tidak dapat mengakses pembekalan secara penuh mungkin kurang memahami instruksi atau panduan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan di lapangan. Hal ini dapat menimbulkan kesenjangan antara mereka yang memiliki akses teknologi yang baik dan mereka yang tidak, yang pada akhirnya dapat memengaruhi kesuksesan dan efektivitas program KKN secara keseluruhan.

### **3. Variasi Tingkat Literasi Digital**

Tingkat literasi digital yang beragam di kalangan mahasiswa dan dosen juga menjadi salah satu kendala dalam penggunaan platform KelasPintar. Mahasiswa yang belum terbiasa dengan pembelajaran daring mungkin menghadapi tantangan dalam menavigasi platform ini dan memerlukan waktu lebih lama untuk beradaptasi. Beberapa fitur seperti mengakses video pembelajaran, mengunggah tugas, atau berpartisipasi dalam diskusi daring bisa menjadi hal baru yang memerlukan penyesuaian. Mahasiswa yang memiliki keterbatasan dalam literasi digital ini berisiko tertinggal dibandingkan mereka yang lebih mahir menggunakan teknologi. Demikian pula, dosen juga perlu memiliki keterampilan digital yang memadai untuk mengelola kelas daring secara efektif. Penggunaan LMS seperti KelasPintar tidak hanya melibatkan pengunggahan materi, tetapi juga manajemen kelas secara keseluruhan, seperti memantau partisipasi mahasiswa, memberikan umpan balik secara *online*, serta memastikan bahwa materi yang disampaikan melalui format digital tetap mudah dipahami. Dosen yang belum terbiasa dengan teknologi ini mungkin merasa kesulitan dalam memanfaatkan fitur-fitur yang ada, yang pada akhirnya dapat memengaruhi kualitas pembelajaran.

### **4. Keterbatasan dalam Evaluasi Pembelajaran**

Meskipun platform KelasPintar menyediakan fitur kuis dan tugas terstruktur yang berguna untuk mengevaluasi pemahaman kognitif mahasiswa, evaluasi semacam ini sering kali memiliki keterbatasan, terutama ketika dihadapkan pada penilaian

keterampilan praktis dan soft skills yang penting dalam kegiatan KKN Internasional. Kuis dan tugas daring biasanya lebih fokus pada aspek kognitif, seperti kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep dan materi teoretis. Namun, keterampilan seperti interaksi sosial, kerja sama tim, kreativitas, dan kepemimpinan, yang sangat diperlukan di lapangan, sulit untuk diukur hanya melalui evaluasi berbasis kuis atau tugas tertulis. Beberapa tantangan utama dalam evaluasi berbasis platform daring ini meliputi: evaluasi keterampilan praktis yang terbatas, keterbatasan penilaian soft skills, aspek interaksi sosial yang sulit diukur, dan evaluasi kepemimpinan yang terbatas.

## **5. Motivasi Mahasiswa dalam Mengikuti Pembekalan**

Motivasi mahasiswa dalam mengikuti pembekalan daring memang menjadi perhatian utama dalam pelaksanaan KKN Internasional, terutama karena format pembelajaran daring memiliki tantangan tersendiri dalam mempertahankan minat dan keterlibatan mereka. Pembelajaran daring sering kali terasa kurang personal, dan mahasiswa mungkin merasa lebih sulit untuk terhubung dengan materi atau dosen dibandingkan dalam pembelajaran langsung. Kurangnya interaksi tatap muka, suasana yang lebih terstruktur, serta dinamika sosial dalam kelas fisik dapat memengaruhi motivasi mahasiswa untuk mengikuti pembekalan secara konsisten dan penuh semangat. Beberapa faktor yang mempengaruhi motivasi mahasiswa dalam pembelajaran daring meliputi: keterbatasan interaksi dan hubungan personal, kelemahan dalam pengelolaan waktu dan disiplin, minat yang menurun karena kurangnya keterlibatan aktif, dan kurangnya relevansi praktis.

## **6. Kendala dalam Adaptasi Kurikulum Daring**

Transisi dari metode pembelajaran tradisional ke pembelajaran daring memerlukan adaptasi yang signifikan dalam penyusunan kurikulum agar materi yang disajikan sesuai dengan format digital tanpa mengorbankan kualitas dan kedalaman pembelajaran. Kurikulum yang sebelumnya dirancang untuk tatap muka perlu diubah agar relevan dalam lingkungan daring, dengan mempertimbangkan perbedaan mendasar dalam cara materi

disampaikan dan dipahami oleh mahasiswa. Beberapa aspek utama dalam penyesuaian kurikulum ini meliputi: reorganisasi struktur materi, penggunaan media digital yang beragam, penekanan pada pembelajaran mandiri, penyesuaian dalam metode evaluasi, pengintegrasian pembelajaran sinkronus dan asinkronus, dan perencanaan interaksi sosial dan kolaboratif.

Masalah-masalah ini memang perlu diidentifikasi dan diatasi secara strategis agar pemanfaatan platform KelasPintar dalam program pembekalan KKN Internasional 2024 dapat berjalan optimal. Tanpa langkah penanganan yang tepat, kendala-kendala yang ada dapat menghambat proses belajar-mengajar dan mengurangi efektivitas pembekalan, yang bertujuan untuk mempersiapkan mahasiswa secara matang sebelum terjun ke lapangan. Dengan mengatasi kendala-kendala tersebut, USU dapat memastikan bahwa tujuan utama dari program pembekalan KKN Internasional, yakni mempersiapkan mahasiswa untuk terjun ke lapangan dan mengembangkan kemampuan mereka, dapat tercapai dengan baik. Implementasi solusi yang tepat akan memperkuat efektivitas pembelajaran daring dan memberikan pengalaman pembekalan yang lebih bermakna bagi mahasiswa.

### **III. Strategi Pemecahan Masalah**

Untuk mengatasi berbagai tantangan dalam implementasi platform \*kelasPintar.usu.ac.id\* sebagai media pembekalan KKNB Internasional 2024, beberapa strategi telah dirancang. Strategi ini bertujuan untuk meningkatkan keterlibatan mahasiswa, memperluas akses, dan memastikan bahwa proses pembelajaran daring dapat berjalan secara efektif dan merata. Berikut adalah beberapa strategi pemecahan masalah yang telah disiapkan:

#### **1. Peningkatan Keterlibatan Mahasiswa Melalui Konten Interaktif**

Untuk mengatasi rendahnya keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran daring, konten pada platform KelasPintar akan disajikan secara lebih interaktif dan menarik. Salah satu langkah utama adalah dengan memanfaatkan fitur video pembelajaran yang dilengkapi dengan elemen visual dan animasi yang relevan dengan tema "*Sustainable Tourism*." Penggunaan elemen-elemen ini tidak

hanya akan membuat materi lebih menarik, tetapi juga membantu mahasiswa memahami konsep dengan lebih baik dan mengingat informasi dengan lebih efektif.

Data yang diperoleh dari kuesioner yang dibagikan kepada mahasiswa peserta KKN Internasional Tahun 2024 menunjukkan bahwa 46,7% mahasiswa merasa sangat puas dengan konten-konten yang disajikan di platform KelasPintar dan 26,7% mahasiswa merasa puas, seperti yang disajikan pada Figura 1.

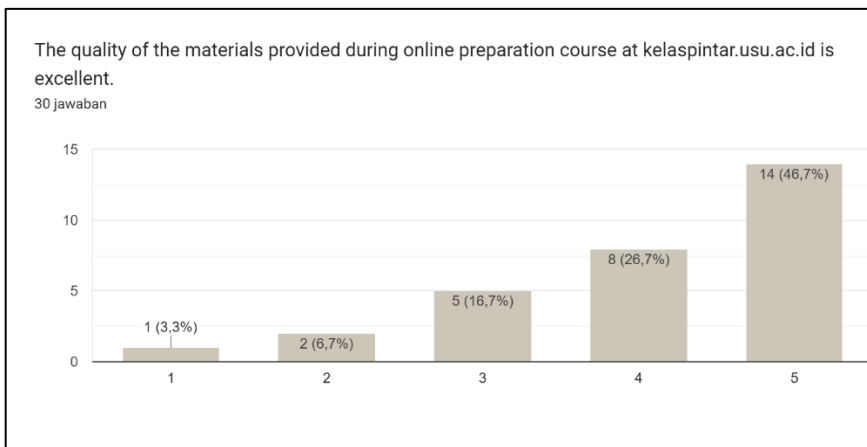


Figura 1. Tingkat Kepuasan Mahasiswa terhadap Konten di Kelas pintar

Hasil ini menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa peserta KKN Internasional merasa puas (73,4%) dengan konten atau materi pembelajaran yang disajikan di platform KelasPintar. Tingginya tingkat kepuasan ini memberikan gambaran positif mengenai efektivitas penggunaan video pembelajaran dan elemen interaktif dalam meningkatkan keterlibatan mahasiswa. Ini juga menunjukkan bahwa mahasiswa lebih mampu mengaitkan materi yang dipelajari dengan konteks praktis, seperti yang ditemukan dalam tema *Sustainable Tourism*. Dengan langkah-langkah yang telah diambil, diharapkan keterlibatan mahasiswa akan terus meningkat seiring dengan perbaikan konten dan metode pengajaran yang lebih inovatif. Hasil ini menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut platform KelasPintar, dengan fokus pada peningkatan pengalaman belajar mahasiswa yang lebih interaktif, memotivasi, dan relevan dengan kebutuhan dunia nyata.

Secara keseluruhan, upaya untuk menyajikan konten pembelajaran yang interaktif dan menarik di platform Kelaspintar telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Melalui inovasi dalam penyampaian materi, diharapkan mahasiswa tidak hanya puas, tetapi juga aktif berpartisipasi dalam pembelajaran daring, yang akan mempersiapkan mereka lebih baik untuk menghadapi tantangan di lapangan saat menjalani program KKN Internasional.

Selanjutnya, hasil kuesioner juga menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa peserta KKN Internasional menilai bahwa penggunaan LMS pada Kelaspintar ini sangat efektif dalam pelaksanaan pembelajaran pembekalan KKN, seperti yang tampak pada Figura 2.

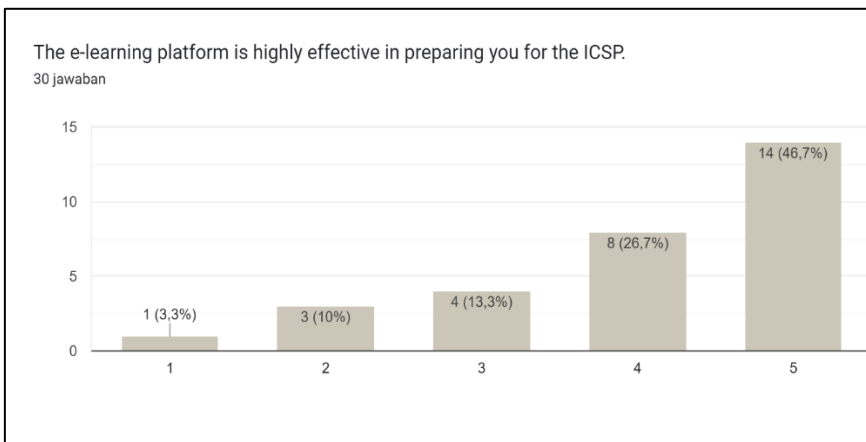


Figura 2. Efektifitas Penggunaan Kelaspintar dalam Pelaksanaan Pembelajaran Pembekalan KKN

Berdasarkan hasil analisis kuesioner yang disajikan pada Figura 2 tampak 46,7% mahasiswa sangat setuju dengan efektivitas penggunaan Kelaspintar dalam pembelajaran pembekalan KKN dan 26,7% setuju. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa merasa terbantu oleh penggunaan Kelaspintar dalam proses pembelajaran. Dengan berbagai fitur yang ditawarkan, seperti video pembelajaran, forum diskusi, dan kuis interaktif, platform ini dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih terstruktur dan terintegrasi. Efektivitas penggunaan Kelaspintar dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diajarkan, memfasilitasi mereka dalam berinteraksi dengan konten, serta

mendorong mereka untuk lebih aktif dalam diskusi dan kolaborasi. Tingginya efektivitas penggunaan KelasPintar ini bisa menjadi dasar untuk mengembangkan fitur-fitur lebih lanjut, seperti penilaian berbasis proyek atau integrasi dengan teknologi pembelajaran terbaru, yang dapat lebih meningkatkan pengalaman belajar mahasiswa.

Secara keseluruhan, penilaian positif dari mahasiswa mengenai efektivitas penggunaan LMS pada KelasPintar dalam pelaksanaan pembelajaran pembekalan KKN menjadi indikator keberhasilan dari strategi pembelajaran yang diimplementasikan. Dengan hasil ini, USU dapat terus mengoptimalkan platform KelasPintar untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan mempersiapkan mahasiswa menghadapi tantangan di dunia nyata.

## **2. Memperluas Aksesibilitas Platform**

Mengatasi kesenjangan akses teknologi menjadi prioritas utama agar semua mahasiswa dapat mengikuti pembekalan dengan baik. Universitas Sumatera Utara (USU) berupaya untuk mengoptimalkan platform KelasPintar sehingga dapat diakses dengan perangkat yang memiliki spesifikasi rendah, seperti ponsel pintar dan tablet. Dengan memastikan bahwa platform KelasPintar dapat diakses melalui perangkat mobile, USU memungkinkan mahasiswa yang mungkin tidak memiliki komputer pribadi untuk tetap terlibat dalam proses pembelajaran. Pengoptimalan ini mencakup antarmuka pengguna yang responsif dan desain yang ramah bagi pengguna mobile. Selain itu, materi pembelajaran juga disediakan dalam format yang dapat diunduh, sehingga mahasiswa yang mengalami keterbatasan jaringan internet dapat tetap belajar secara offline. Dengan menyediakan materi dalam format PDF atau video yang dapat diakses tanpa koneksi internet, diharapkan kesenjangan akses teknologi dapat diminimalkan. Pendekatan ini memungkinkan mahasiswa untuk mengunduh materi saat mereka memiliki akses internet yang stabil dan mempelajarinya kapan saja tanpa harus terhubung.

Hasil dari kuesioner juga menunjukkan bahwa materi pembelajaran pembekalan KKN Internasional melalui KelasPintar ini

mudah diakses oleh para mahasiswa, seperti yang ditunjukkan pada Figura 3.

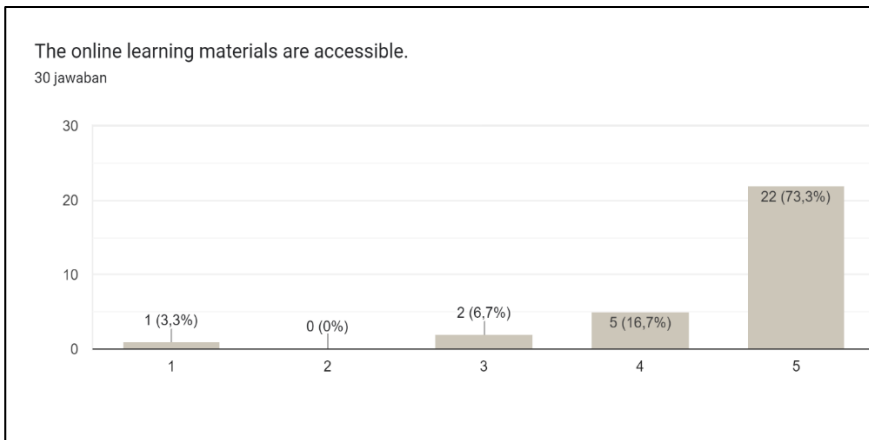


Figura 3. Kemudahan dalam Mengakses Materi Pembelajaran Pembekalan KKN

Hasil pada Figura 3 menunjukkan bahwa total 90% mahasiswa menyatakan bahwa materi pembelajaran pembekalan KKN Internasional sangat mudah diakses. Tingginya tingkat kemudahan akses ini mencerminkan keberhasilan USU dalam merancang platform Kelaspintar yang intuitif dan ramah pengguna. Kemudahan dalam mengakses materi pembelajaran memberikan dampak positif bagi proses belajar mahasiswa.

Secara keseluruhan, hasil kuesioner menunjukkan bahwa kemudahan dalam mengakses materi pembelajaran pembekalan KKN Internasional melalui platform Kelaspintar adalah langkah positif dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Dengan keberhasilan ini, USU dapat terus mengembangkan dan memperbaiki platform untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa, memastikan bahwa setiap individu dapat memperoleh pendidikan yang berkualitas dan siap menghadapi tantangan di lapangan.

### 3. Pelatihan Literasi Digital untuk Dosen dan Mahasiswa

Untuk mengatasi variasi tingkat literasi digital di kalangan dosen dan mahasiswa, pelatihan khusus tentang penggunaan Kelaspintar akan diselenggarakan. Pelatihan ini dirancang untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan pengguna dalam

memanfaatkan berbagai fitur yang tersedia di platform. Pelatihan akan mencakup pengenalan dan penggunaan berbagai fitur interaktif yang ada di KelasPintar, seperti video pembelajaran, kuis, dan forum diskusi. Dengan memahami cara kerja fitur-fitur ini, diharapkan peserta dapat lebih aktif berkontribusi dan berinteraksi dalam pembelajaran daring. Dosen akan diberikan pelatihan tentang cara mengelola forum diskusi secara efektif, termasuk teknik memoderasi dan mendorong partisipasi mahasiswa. Ini penting untuk menciptakan lingkungan diskusi yang dinamis dan produktif. Peserta pelatihan juga akan diajarkan tentang cara mendesain kuis daring yang tidak hanya menguji pengetahuan kognitif, tetapi juga kemampuan analitis dan kritis mahasiswa. Ini bertujuan untuk memberikan umpan balik yang konstruktif dan meningkatkan kualitas pembelajaran. Dosen akan didampingi dalam mendesain konten pembelajaran yang sesuai dengan format digital agar dapat disampaikan secara efektif. Pelatihan ini akan mencakup aspek-aspek penting dalam menyusun materi yang menarik dan relevan, serta bagaimana cara menyajikannya dalam konteks pembelajaran daring.

Pelatihan penggunaan KelasPintar menjadi langkah penting dalam meminimalisir kesenjangan literasi digital di kalangan dosen dan mahasiswa. Dengan memberikan dukungan yang diperlukan, USU berkomitmen untuk memastikan bahwa semua pengguna dapat mengakses potensi penuh dari platform ini, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas pendidikan dan hasil pembelajaran di era digital ini.

#### **4. Diversifikasi Metode Evaluasi Pembelajaran**

Untuk melengkapi evaluasi kognitif yang tersedia melalui kuis dan tugas, Universitas Sumatera Utara (USU) akan mengintegrasikan pendekatan evaluasi alternatif yang lebih holistik. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kemampuan dan keterampilan mahasiswa, khususnya dalam konteks KKN Internasional yang bertema "*Sustainable Tourism*."

Dalam pendekatan evaluasi alternatif ini, mahasiswa dibagi ke dalam kelompok untuk mengerjakan proyek yang disesuaikan

dengan tema pariwisata berkelanjutan. Proyek ini akan mencakup penelitian, pengembangan rencana tindakan, serta presentasi solusi yang inovatif untuk tantangan yang dihadapi dalam sektor pariwisata. Melalui proyek kelompok ini, dosen dapat menilai kemampuan mahasiswa dalam bekerja sama, berpikir kritis, dan memecahkan masalah.

Selain proyek kelompok, mahasiswa juga akan diberikan simulasi studi kasus yang berkaitan dengan pariwisata berkelanjutan. Simulasi ini akan memberikan konteks nyata di mana mahasiswa dapat menerapkan teori yang telah mereka pelajari. Dosen akan memberikan skenario yang membutuhkan analisis mendalam dan solusi kreatif, memungkinkan mahasiswa untuk berlatih keterampilan praktis dan soft skills.

Dengan mengintegrasikan pendekatan evaluasi alternatif yang lebih holistik, USU berupaya untuk memastikan bahwa mahasiswa tidak hanya memahami teori tetapi juga siap untuk menerapkannya dalam konteks nyata. Evaluasi yang lebih menyeluruh ini akan memberikan dampak positif bagi pengembangan keterampilan mahasiswa dan keberhasilan mereka dalam program KKN Internasional.

## **5. Meningkatkan Motivasi Mahasiswa melalui Pendekatan Gamifikasi**

Untuk meningkatkan motivasi mahasiswa dalam mengikuti pembekalan daring, konsep gamifikasi akan diterapkan dalam platform KelasPintar. Gamifikasi adalah pendekatan yang menggunakan elemen permainan dalam konteks non-permainan untuk mendorong keterlibatan dan motivasi. Dengan menerapkan gamifikasi, diharapkan mahasiswa akan merasa lebih terlibat dan termotivasi dalam proses pembelajaran. Dosen dapat memberikan poin kepada mahasiswa yang aktif berpartisipasi dalam diskusi, menyelesaikan kuis dengan baik, atau menyelesaikan tugas tepat waktu. Poin ini dapat dihitung dan ditampilkan dalam papan peringkat, memberikan mahasiswa gambaran mengenai posisi mereka dibandingkan dengan teman-teman sekelas. Mahasiswa yang mencapai prestasi tertentu, seperti menyelesaikan sejumlah kuis atau berkontribusi aktif dalam diskusi, dapat diberikan lencana

atau penghargaan virtual. Rencana ini tidak hanya berfungsi sebagai pengakuan atas pencapaian, tetapi juga dapat memotivasi mahasiswa untuk terus berusaha mencapai tujuan pembelajaran. Di samping itu, dosen dapat merancang tantangan atau misi yang perlu diselesaikan oleh mahasiswa selama proses pembelajaran. Misalnya, mahasiswa dapat diminta untuk menyelesaikan serangkaian kuis atau berpartisipasi dalam diskusi dengan tema tertentu untuk mendapatkan bonus poin atau penghargaan. Ini dapat menciptakan rasa kompetisi yang sehat dan mendorong keterlibatan lebih besar.

Penerapan konsep gamifikasi dalam platform KelasPintar diharapkan dapat secara signifikan meningkatkan motivasi mahasiswa dalam mengikuti pembekalan daring. Dengan membuat proses pembelajaran lebih menarik dan interaktif, mahasiswa akan merasa lebih terlibat dan bersemangat untuk belajar, yang pada gilirannya akan meningkatkan kualitas pembelajaran dan persiapan mereka untuk menghadapi tantangan di lapangan.

## **6. Adaptasi Kurikulum untuk Pembelajaran Daring**

Penyesuaian kurikulum juga menjadi bagian penting dalam strategi pemecahan masalah dalam program pembekalan KKN Internasional. Dalam rangka memastikan bahwa materi pembelajaran efektif dan sesuai dengan kebutuhan mahasiswa, dosen akan bekerja sama dengan tim pengembang kurikulum untuk merancang materi yang optimal dalam format digital. Materi-materi seperti video interaktif, simulasi, dan modul digital akan dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik pembekalan KKN Internasional. Dengan mempertimbangkan karakteristik pembelajaran daring, setiap elemen materi akan disusun untuk memastikan pemahaman yang mendalam. Misalnya, video interaktif dapat mencakup kuis singkat di tengah-tengah penyampaian materi untuk menguji pemahaman mahasiswa secara langsung.

Proses adaptasi ini akan melibatkan penyesuaian konten agar tetap relevan dan mendalam, meskipun disampaikan dalam format daring. Hal ini penting untuk menjaga kualitas pendidikan yang diterima oleh mahasiswa. Dosen dan tim pengembang akan melakukan evaluasi terhadap materi yang ada untuk memastikan

bahwa konten tersebut tidak hanya informatif, tetapi juga menarik dan mudah dipahami. Penggunaan teknologi dalam kurikulum, seperti platform pembelajaran yang interaktif, akan diintegrasikan untuk mendukung proses belajar. Ini mencakup pengenalan pada alat-alat digital yang dapat membantu mahasiswa berkolaborasi dan berinteraksi, baik dengan dosen maupun dengan sesama mahasiswa.

Penyesuaian kurikulum yang dilakukan dengan seksama akan menjadi kunci untuk memastikan bahwa program pembekalan KKN Internasional berjalan dengan baik. Dengan kolaborasi antara dosen dan tim pengembang kurikulum, diharapkan materi pembelajaran dapat disusun dengan cara yang mendukung pemahaman mahasiswa dan mempersiapkan mereka untuk sukses dalam kegiatan di lapangan.

## **7. Pendampingan dan Monitoring Berkala**

Untuk memastikan pelaksanaan pembekalan berjalan lancar, akan dilakukan monitoring dan pendampingan secara berkala terhadap mahasiswa. Tim dosen dan asisten pengajar akan memantau kemajuan belajar mahasiswa melalui fitur analitik pembelajaran yang ada di *kelas pintar*, seperti aktivitas login, durasi belajar, dan hasil kuis. Dengan data ini, dosen dapat memberikan *feedback* dan intervensi kepada mahasiswa yang membutuhkan bantuan tambahan. Pendekatan ini membantu memastikan bahwa tidak ada mahasiswa yang tertinggal dalam proses pembekalan.

Dengan penerapan strategi-strategi ini, USU berharap dapat mengatasi tantangan dalam penggunaan platform *kelas pintar* dan memastikan bahwa program pembekalan KKN Internasional 2024 berjalan dengan efektif. Strategi ini bertujuan untuk memaksimalkan potensi mahasiswa dalam memanfaatkan teknologi digital, sehingga mereka dapat terlibat secara penuh dan siap menghadapi tantangan di lapangan. Inisiatif ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kualitas pembelajaran pembekalan KKN Internasional, tetapi juga memberikan kontribusi pada pengembangan kapasitas mahasiswa dalam memanfaatkan teknologi untuk pembelajaran di era digital.

## **IV. Kesimpulan dan Saran**

### **Kesimpulan**

Pemanfaatan platform *kelas pintar.usu.ac.id* sebagai media utama dalam program pembekalan KKN Internasional 2024 merupakan langkah inovatif yang dilakukan oleh Universitas Sumatera Utara (USU) dalam menghadapi tantangan pendidikan di era digital. Melalui platform ini, mahasiswa dapat mengakses materi pembekalan tentang “*Sustainable Tourism*” dengan lebih fleksibel dan interaktif, mempersiapkan mereka untuk terjun ke lapangan dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai. Beberapa fitur unggulan dari \*kelas pintar\*, seperti video pembelajaran, diskusi daring, dan kuis terstruktur, berperan penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran daring.

Namun, terdapat sejumlah tantangan yang dihadapi dalam pelaksanaan program ini, seperti rendahnya keterlibatan mahasiswa, kesenjangan akses teknologi, dan variasi tingkat literasi digital di kalangan mahasiswa dan dosen. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai strategi telah dirancang, termasuk peningkatan konten interaktif, perluasan aksesibilitas platform, pelatihan literasi digital, dan adaptasi kurikulum untuk pembelajaran daring. Strategi-strategi ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap mahasiswa mendapatkan kesempatan yang sama dalam mempersiapkan diri, terlepas dari keterbatasan yang ada.

Secara keseluruhan, penerapan *kelas pintar* dalam pembekalan KKN Internasional 2024 tidak hanya mendukung internasionalisasi pendidikan di USU tetapi juga mempersiapkan mahasiswa dengan keterampilan yang relevan untuk bersaing di dunia kerja global. Inovasi ini sejalan dengan komitmen USU dalam memajukan kualitas pendidikan dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi mahasiswa.

Dengan memanfaatkan teknologi digital dan pendekatan inovatif dalam pembelajaran, USU berupaya untuk menciptakan lingkungan belajar yang responsif dan adaptif terhadap kebutuhan mahasiswa. Melalui pengembangan konten yang menarik dan strategi untuk meningkatkan keterlibatan, diharapkan mahasiswa tidak hanya dapat memahami teori tetapi juga menerapkannya dalam konteks nyata. Selain itu, perhatian terhadap kesenjangan

akses teknologi dan literasi digital menunjukkan komitmen universitas untuk memberikan pendidikan yang inklusif dan merata. Dalam jangka panjang, inisiatif ini tidak hanya akan meningkatkan kualitas pembekalan KKN tetapi juga berkontribusi pada pengembangan sumber daya manusia yang siap menghadapi tantangan global, sehingga menciptakan dampak positif bagi masyarakat luas.

## **Saran**

### **1. Pengembangan Berkelanjutan Fitur Platform**

Untuk memastikan platform kelas pintar tetap relevan dan efektif dalam mendukung pembelajaran daring, Universitas Sumatera Utara (USU) perlu terus mengembangkan fitur-fitur yang ada. Langkah Pengembangan yang pertama yang disarankan adalah pengembangan video interaktif dengan memproduksi lebih banyak video pembelajaran yang tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga melibatkan mahasiswa dalam interaksi, seperti kuis langsung atau pilihan skenario yang memengaruhi hasil pembelajaran. Langkah kedua adalah simulasi realistis, yaitu dengan menambahkan simulasi situasi nyata di lapangan yang berhubungan dengan KKN Internasional, misalnya skenario penanganan isu-isu dalam pariwisata berkelanjutan, dapat memberikan pengalaman praktis yang lebih mendalam bagi mahasiswa. Langkah ketiga adalah mengintegrasikan elemen gamifikasi lebih lanjut untuk mendorong partisipasi aktif, seperti leaderboard, pencapaian, atau tantangan kelompok. Langkah keempat adalah melakukan analisis berkala terhadap keterlibatan mahasiswa dalam platform untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan atau pengembangan lebih lanjut.

### **2. Peningkatan Kolaborasi dengan Pemerintah Daerah dan Industri**

Untuk memaksimalkan dampak dari program KKN Internasional 2024, perlu adanya kolaborasi yang lebih erat antara USU, pemerintah daerah, dan industri pariwisata setempat. Kerjasama ini dapat membuka kesempatan bagi mahasiswa untuk mendapatkan wawasan langsung dari praktisi di bidang pariwisata

berkelanjutan, serta membantu pemerintah daerah dalam mengembangkan potensi pariwisata lokal. Melalui kolaborasi ini, program pembekalan dapat lebih terhubung dengan kebutuhan nyata di lapangan.

Dengan langkah-langkah ini, kolaborasi antara USU, pemerintah daerah, dan industri pariwisata dapat memperkuat program KKN Internasional 2024, menciptakan hubungan yang saling menguntungkan dan memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan pariwisata berkelanjutan di daerah setempat.

### **3. Evaluasi Berkala dan Peningkatan Kualitas Pembelajaran**

Evaluasi secara berkala terhadap pelaksanaan pembekalan dan penggunaan kelas pintar sangat penting untuk memastikan kualitas pembelajaran yang terus meningkat. Proses evaluasi ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pengukuran, tetapi juga sebagai langkah strategis untuk meningkatkan efektivitas program secara keseluruhan. Survei kepuasan mahasiswa, wawancara mendalam dengan dosen, serta analisis data penggunaan platform adalah beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi program. Survei kepuasan mahasiswa akan memberikan wawasan langsung mengenai pengalaman belajar mereka, mulai dari kualitas konten hingga tingkat interaksi dalam forum diskusi. Dengan mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif dari mahasiswa, USU dapat memahami aspek mana yang paling dihargai dan mana yang membutuhkan perhatian lebih. Wawancara dengan dosen juga krusial, karena mereka memiliki perspektif yang berbeda tentang efektivitas metode pengajaran yang digunakan. Dosen dapat memberikan umpan balik tentang tantangan yang mereka hadapi dalam menyampaikan materi, serta memberikan saran untuk peningkatan dalam pengelolaan kelas daring. Melalui dialog terbuka dengan dosen, USU dapat menggali lebih dalam mengenai pengalaman mereka dan mengidentifikasi praktik terbaik yang dapat diterapkan.

Selain itu, analisis data penggunaan platform seperti frekuensi akses mahasiswa, durasi sesi pembelajaran, dan tingkat penyelesaian kuis atau tugas dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai keterlibatan mahasiswa. Data ini dapat

diolah untuk menentukan pola-pola perilaku mahasiswa, sehingga USU dapat mengevaluasi apakah konten yang disajikan cukup menarik dan relevan bagi mereka. Misalnya, jika data menunjukkan bahwa banyak mahasiswa tidak menyelesaikan kuis, itu bisa jadi indikasi bahwa materi terlalu sulit atau kurang menarik.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, USU dapat menyesuaikan strategi pembelajaran agar lebih sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dan dosen. Identifikasi area yang memerlukan perbaikan akan membantu dalam menyusun rencana tindak lanjut yang lebih terarah. Misalnya, jika survei menunjukkan bahwa mahasiswa merasa kurang terlibat dalam forum diskusi, USU bisa mempertimbangkan untuk menambah elemen gamifikasi atau menyelenggarakan sesi diskusi interaktif yang lebih menarik.

#### **4. Pengembangan Literasi Digital bagi Mahasiswa**

Untuk mengatasi perbedaan tingkat literasi digital di kalangan mahasiswa, Universitas Sumatera Utara (USU) disarankan untuk menyediakan pelatihan literasi digital yang berkelanjutan. Pelatihan ini sangat penting, terutama bagi mahasiswa yang kurang terbiasa dengan pembelajaran daring, sehingga mereka dapat memanfaatkan semua fitur yang ada di kelas pintar secara optimal. Pelatihan harus dirancang secara terstruktur, dengan materi yang mencakup pengenalan platform kelas pintar, navigasi dasar, dan penggunaan fitur interaktif seperti forum diskusi, video pembelajaran, dan kuis. Selain itu, pelatihan juga harus mencakup pengenalan pada alat-alat digital yang relevan yang dapat mendukung mahasiswa dalam menyelesaikan tugas-tugas lapangan mereka, seperti aplikasi pengelolaan proyek, alat kolaborasi online, dan platform komunikasi. Untuk memastikan bahwa pelatihan efektif, USU dapat menggunakan berbagai metode pengajaran, termasuk tutorial langsung, video pembelajaran, dan sesi praktik langsung. Kegiatan praktik ini memungkinkan mahasiswa untuk langsung mengaplikasikan pengetahuan yang mereka peroleh, sehingga memperkuat pemahaman mereka terhadap alat-alat digital yang akan digunakan. Selain pelatihan awal, menyediakan sesi pendampingan dan bimbingan juga sangat dianjurkan. Mahasiswa dapat memiliki kesempatan untuk bertanya

langsung kepada dosen atau asisten dosen mengenai masalah yang mereka hadapi saat menggunakan platform. Pendampingan ini bisa dilakukan secara daring atau luring, tergantung pada kebutuhan mahasiswa.

## **5. Optimalisasi Pendekatan *Blended Learning***

Meskipun pembekalan dilakukan secara daring melalui *kelas pintar*, pendekatan blended learning yang menggabungkan sesi tatap muka dengan sesi daring dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran. USU dapat mengatur beberapa sesi tatap muka untuk diskusi mendalam atau simulasi langsung, sementara materi tambahan disampaikan melalui *kelas pintar*. Pendekatan ini dapat memberikan variasi dalam metode belajar, sehingga mahasiswa dapat lebih memahami materi yang disampaikan.

Dengan penerapan saran-saran ini, USU diharapkan dapat memaksimalkan potensi dari program pembekalan KKN Internasional 2024 dan memastikan bahwa mahasiswa mendapatkan pengalaman belajar yang berkualitas. Inovasi digital melalui *kelas pintar* adalah langkah awal yang baik, namun perlu didukung oleh perbaikan berkelanjutan agar tujuan program, yaitu mempersiapkan mahasiswa menghadapi dunia kerja global dengan keterampilan dan wawasan yang kuat, dapat tercapai secara optimal.

## **Referensi**

- [1] Sakti A. Meningkatkan Pembelajaran Melalui Teknologi Digital. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*. 2023. Volume 2(2): 212-219. <https://doi.org/10.55606/juprit.v2i2.2025>
- [2] Songkram N, Chootongchai S, Thanapornsanguth S, Osuwan H, Piromsopa K, Chuppunnarat Y, Songkram N. Success Factors to Promote Digital Learning Platforms: An Empirical Study from an Instructor's Perspective. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*. 2023. Volume: 18(09): 32-48. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i09.38375>
- [3] Yadav N. The Impact of Digital Learning on Education. *International Journal of Multidisciplinary Research in Arts,*

- Science and Technology. 2024. Volume: 2(1): 24-34.  
<https://doi.org/10.61778/ijmrast.v2i1.34>
- [4] Mobo FD, Effectiveness of Asynchronous Distance Learning amidst the New Normal. International Journal on Orange Technologies. 2020. Volume: 2(12): 54-56.
- [5] Sakkir G, Trisnawati I, Nurfadhilah AS. The Benefits of the Asynchronous Online Learning Model at Post-Pandemic Covid-19: Students' Perception. ELT Worldwide: Journal of English Language Teaching. 2023. Volume: 10(2): 318-327.  
<https://doi.org/10.26858/eltww.v10i2.51636>
- [6] Van der Keylen P, Lippert N, Kunisch R, Kühlein T, Roos M. Asynchronous, Digital Teaching in Times of COVID-19: A Teaching Example from General Practice. Journal for Medical Education. 2020. Volume: 37(7): 1-4.  
<https://dx.doi.org/10.3205/zma001391>
- [7] Vidhiasi DM, Hakim MA, Humardhiana A, Ikawati L, Aisyiyah MN. The Application of Asynchronous Learning for English Language Teaching in English and Non-English Study Program. Journal of English as A Foreign Language Teaching and Research. 2021. Volume 1(2): 33-43.  
<http://dx.doi.org/10.31098/jefltr.v1i2.620>

## Biodata



**Prof. Dr. Rudy Sofyan, S.S., M.Hum.** lahir di Kabanjahe pada 13 November 1972. Saat ini, beliau adalah dosen di Program Studi Bahasa Inggris dan Linguistik, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Sumatera Utara. Beliau menyelesaikan pendidikan doktoralnya pada tahun 2016 di bidang Linguistik, dengan spesialisasi pada Studi Penerjemahan. Pada tahun 2012, beliau mengikuti Program Sandwich-like di Victoria University of Melbourne, Australia, yang memberikan kesempatan untuk memperluas wawasan akademik dan pengalaman internasional di bidangnya. Sebagai seorang akademisi yang aktif, Beliau juga dikenal sebagai penerjemah lepas, dengan pengalaman

yang luas dalam menerjemahkan berbagai jenis teks. Sebelum menjabat sebagai Kepala Kantor Urusan Internasional (OIA) di USU, beliau diangkat sebagai Co-Director Pusat Bahasa USU, di mana beliau berperan dalam pengembangan program bahasa yang ditujukan untuk mahasiswa dan staf internasional. Selain berperan aktif dalam pengajaran, beliau juga telah menerbitkan berbagai artikel ilmiah yang berkaitan dengan Pengajaran Bahasa Inggris dan Studi Penerjemahan di sejumlah jurnal internasional bereputasi. Beliau adalah penulis buku "Kajian Terjemahan: Panduan Praktik dan Penelitian Terjemahan," yang menjadi referensi penting bagi mahasiswa dan praktisi yang tertarik mendalami dunia penerjemahan. Minat penelitian beliau mencakup berbagai aspek dalam pengajaran bahasa dan proses penerjemahan, di mana beliau terus berupaya mengembangkan metodologi yang inovatif dan relevan dengan kebutuhan saat ini. Dengan latar belakang akademik yang kuat serta pengalaman yang luas di bidang pendidikan dan penerjemahan, Prof. Dr. Rudy Sofyan, S.S., M.Hum. berkomitmen untuk terus memberikan kontribusi bagi kemajuan ilmu linguistik dan pengembangan sumber daya manusia di tingkat nasional maupun internasional.

# **Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Bioteknologi untuk Pemuliaan Tanaman**

**Luthfi Aziz Mahmud Siregar**

## **1. Pendahuluan**

Pemuliaan tanaman adalah proses yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas tanaman melalui pengawinan selektif, rekayasa genetik, dan metode lainnya. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan varietas tanaman yang lebih baik, baik dari segi hasil, ketahanan terhadap penyakit, maupun adaptasi terhadap perubahan lingkungan. Pemuliaan tanaman dapat didefinisikan sebagai praktik ilmiah yang bertujuan untuk mengubah karakteristik genetik tanaman melalui berbagai metode untuk menghasilkan varietas baru yang lebih unggul. Proses ini melibatkan pemilihan induk yang memiliki sifat-sifat diinginkan dan melakukan persilangan atau teknik rekayasa geneti. Pemuliaan tanaman berkontribusi besar dalam memenuhi kebutuhan pangan global, terutama di tengah pertumbuhan populasi dunia melalui peningkatan hasil dan ketahanan tanaman terhadap hama, penyakit, dan cekaman lingkungan abiotik [1]. Pemuliaan tanaman dapat menghasilkan varietas yang lebih tahan terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, banjir, dan suhu ekstrem, sehingga membantu petani beradaptasi dengan perubahan iklim [2]. Melalui pemuliaan, tanaman dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kandungan nutrisi, seperti vitamin dan mineral, yang sangat penting untuk kesehatan masyarakat. Varietas yang dihasilkan melalui pemuliaan dapat mengurangi ketergantungan pada pestisida dan pupuk, sehingga mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan. Inovasi dalam pemuliaan tanaman dapat membuka peluang baru dalam industri pertanian, menciptakan lapangan kerja, dan meningkatkan pendapatan petani.

Bioteknologi untuk pemuliaan tanaman merupakan pendekatan ilmiah yang memanfaatkan teknik biologi dan teknologi untuk meningkatkan sifat-sifat tanaman dengan tujuan meningkatkan produktivitas, kualitas, dan ketahanan terhadap stres

lingkungan. Proses ini mencakup penggunaan teknik seperti kultur jaringan, rekayasa genetik, dan *marker-assisted selection* (MAS). Kultur jaringan merupakan suatu teknik budidaya sel, jaringan dan organ tanaman yang melibatkan proses pertumbuhan perkembangbiakan tanaman dalam kondisi steril (*in vitro*) dengan menggunakan media khusus. Melalui teknik kultur jaringan ini, varietas unggul dapat dirakit dengan cepat dan konsisten, tanpa mengandalkan musim tanam [3]. Rekayasa Genetik merupakan metode yang memungkinkan pemulia untuk memodifikasi gen tanaman secara langsung, dengan cara menambahkan, menghapus, atau mengubah gen tertentu. Contohnya, tanaman yang tahan terhadap hama dapat dikembangkan dengan memasukkan gen dari bakteri yang menghasilkan pestisida alami [4]. *Marker-Assisted Selection* (MAS) merupakan metode yang memanfaatkan marker genetik untuk memilih individu dengan sifat yang diinginkan, mempercepat proses pemuliaan tradisional. Dengan menggunakan marker, pemulia dapat lebih cepat mengidentifikasi tanaman yang memiliki karakteristik yang diinginkan [5].

Bioteknologi tanaman telah mengalami revolusi signifikan seiring dengan kemajuan teknologi digital. Inovasi bioteknologi dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan, yang berdampak pada ketahanan pangan, terutama di negara-negara berkembang [6]. Tanaman yang dimodifikasi untuk ketahanan terhadap hama dapat mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia, yang menguntungkan lingkungan dan kesehatan manusia [7]. Beberapa varietas tanaman baru dirancang untuk meningkatkan nilai gizi, yang penting untuk kesehatan masyarakat [8]. Pemanfaatan bioteknologi ini memang sangat menguntungkan, namun adopsi teknologi baru ini juga dapat memperburuk ketimpangan, di mana petani kecil mungkin kesulitan mengakses teknologi ini [9]. Adopsi bioteknologi juga memicu perdebatan etis mengenai modifikasi genetik, serta dampak jangka panjang terhadap ekosistem dan keanekaragaman hayati [10](Glover, 2010).

## **2. Masalah**

### **Peningkatan Kualitas Penelitian dalam Pemuliaan Tanaman**

Globalisasi memungkinkan penyebaran teknologi pemuliaan yang lebih cepat dan lebih luas, termasuk teknik bioteknologi dan pemuliaan molekuler, yang dapat diakses oleh negara berkembang. Varietas tanaman hasil pemuliaan sering kali diperdagangkan secara internasional. Ini membantu penyebaran varietas unggul ke berbagai belahan dunia, meningkatkan ketahanan pangan secara global [11]. Kolaborasi internasional dalam penelitian dan pengembangan pemuliaan tanaman dapat mempercepat inovasi dan berbagi pengetahuan, memfasilitasi solusi untuk tantangan pertanian yang semakin kompleks. Globalisasi juga membawa tantangan terkait regulasi dan etika dalam pemuliaan tanaman, terutama yang terkait dengan organisme hasil rekayasa genetik (GMO). Setiap negara memiliki kebijakan berbeda yang mempengaruhi penerapan teknologi ini.

Digitalisasi telah menjadi kekuatan pendorong yang signifikan dalam bidang pemuliaan tanaman, yakni memberikan dampak yang luas terhadap kualitas penelitian, pengembangan kompetensi, dan peningkatan keterlibatan pemulia tanaman. Digitalisasi memungkinkan pengumpulan dan analisis data yang lebih efisien dan akurat. Teknologi seperti penginderaan jauh, pemodelan komputer, dan analisis big data memungkinkan peneliti untuk mengoptimalkan proses pemuliaan tanaman. Penggunaan teknik seperti pemodelan genetik dan analisis genom, pemulia tanaman dapat mempercepat proses seleksi dan mengidentifikasi gen-gen penting lebih cepat. Teknik analisis genomik telah meningkatkan akurasi dalam pemilihan tanaman dengan sifat yang diinginkan, sehingga mempercepat pengembangan varietas baru [12].

Teknologi digital dalam bioteknologi untuk pemuliaan tanaman berkaitan dengan peningkatan efisiensi dan akurasi dalam proses seleksi dan pengembangan varietas tanaman baru. Teknologi digital, seperti analisis data besar (big data), kecerdasan buatan (AI), dan pemodelan komputer, telah mengubah cara para pemulia tanaman menganalisis informasi genetik dan fenotipik [13]. Dengan menggunakan alat-alat digital, pemulia dapat melakukan

pemetaan genetik dan identifikasi marker genetik secara lebih cepat dan akurat. Misalnya, teknologi pengurutan DNA yang memungkinkan para peneliti untuk memahami variasi genetik dalam populasi tanaman. Ini mengarah pada seleksi yang lebih tepat untuk sifat-sifat yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap hama atau toleransi terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Selain itu, simulasi berbasis komputer memungkinkan pemulia untuk memprediksi bagaimana tanaman akan beradaptasi dengan perubahan iklim, sehingga mereka dapat merancang varietas yang lebih tahan terhadap kondisi tersebut. Implementasi teknologi digital dalam pemuliaan tanaman tidak hanya mempercepat proses, tetapi juga meningkatkan potensi hasil pertanian yang berkelanjutan[14].

Integrasi teknologi digital dalam bidang ini memungkinkan inovasi yang lebih cepat dan efisien dalam pengembangan tanaman dengan sifat-sifat unggul, baik dalam hal ketahanan terhadap penyakit, kualitas hasil, maupun adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Penerapan prinsip rekayasa dan desain sistem biologi (biologi sintetik) digunakan untuk menciptakan jalur metabolik baru dalam tanaman, sehingga menghasilkan senyawa yang diinginkan [15]. Penggunaan teknologi CRISPR-Cas9, suatu metode yang memungkinkan modifikasi genetik yang presisi pada tanaman. Dengan CRISPR, peneliti dapat menghapus, menambah, atau mengubah urutan deoxyribonucleic acid (DNA) pada tanaman untuk menghasilkan varietas yang lebih tahan terhadap penyakit atau stres lingkungan [16].

Pemuliaan tanaman memainkan peranan penting dalam mendukung ketahanan pangan, kesehatan, dan keberlanjutan lingkungan di era globalisasi. Pemuliaan tanaman, dalam konteks globalisasi dan teknologi digital, tidak hanya meningkatkan produktivitas dan ketahanan tanaman, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan dan kesejahteraan ekonomi secara keseluruhan. Pemuliaan tanaman juga dapat menjawab tantangan pertanian modern dan berkontribusi pada pembangunan ekonomi yang lebih baik di seluruh dunia yaitu dengan memanfaatkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya teknologi digital.

### **3. Penyelesaian Masalah**

#### **Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Pemuliaan Tanaman**

Pemuliaan tanaman telah mengalami transformasi signifikan dengan hadirnya teknologi digital. Pemanfaatan teknologi digital menjadi krusial untuk mengoptimalkan proses pemuliaan dan meningkatkan hasil pertanian dengan meningkatnya kebutuhan pangan global dan tantangan perubahan iklim. Teknologi digital memungkinkan pengumpulan dan analisis data yang lebih efisien. Petani dan pemulia tanaman dapat mengumpulkan data tentang kondisi tanah, iklim, dan pertumbuhan tanaman secara real-time dengan menggunakan sensor dan perangkat IoT (*Internet of Things*). Analisis data besar (*big data*) kemudian digunakan untuk mengidentifikasi pola dan hubungan yang dapat membantu dalam pemilihan induk yang tepat.

Model komputer yang canggih digunakan untuk memprediksi hasil dari persilangan genetik. Ilmuwan dalam bidang pemuliaan tanaman dapat memahami interaksi genetik dan memprediksi sifat yang akan diturunkan dengan pemodelan genetik. Ini akan mempercepat proses pemuliaan dengan memungkinkan pemulia untuk fokus pada kombinasi yang paling menjanjikan. Disamping itu, teknologi digital berperan penting dalam teknik rekayasa genetik, seperti CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*). Peneliti dapat merancang dan memodifikasi gen secara tepat untuk menghasilkan varietas tanaman yang lebih baik dengan menggunakan algoritma dan perangkat lunak bioinformatika.

Platform digital kini memungkinkan integrasi antara data pemuliaan dan praktik pertanian sehari-hari. Sistem manajemen pertanian berbasis aplikasi membantu petani dalam perencanaan, pemantauan, dan pengelolaan hasil panen, serta memberi saran berbasis data untuk meningkatkan produktivitas. Teknologi digital mendukung kolaborasi antara peneliti, pemulia, dan petani di seluruh dunia. Platform daring dan jaringan sosial memudahkan berbagi pengetahuan, teknik, dan hasil penelitian, yang dapat mempercepat adopsi inovasi pemuliaan. Pemantauan dampak lingkungan dari praktik pemuliaan dapat dilakukan secara lebih efektif dengan teknologi digital. Teknologi ini memungkinkan evaluasi keberlanjutan varietas yang dihasilkan, membantu dalam

pengambilan keputusan yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Berikut ini merupakan beberapa cara bagaimana teknologi digital dimanfaatkan dalam pemuliaan dan bioteknologi tanaman secara rinci:

### **3.1. Pengurutan Genom dan Analisis Genetik**

Sumber daya genetik (SDG) tanaman menyediakan materi dasar untuk perakitan varietas unggul baru (VUB). Secara global, lebih dari 7,4 juta aksesori berbagai spesies tanaman dikonservasi pada Bank Gen di berbagai negara yang jumlahnya sekitar 1.750 [17], namun baru sebagian kecil (< 1%) dari koleksi SDG tersebut dimanfaatkan untuk program pemuliaan tanaman terutama karena kurangnya informasi (genotipe dan fenotipe) mengenai karakter yang bernilai ekonomi yang dimiliki oleh koleksi SDG tersebut.

Teknologi baru diperlukan untuk mengakselerasi pemanfaatan koleksi SDG pada Bank Gen untuk program pemuliaan tanaman. Hal ini dapat dilakukan dengan memperbaiki metode genotyping dan phenotyping serta meningkatkan akses untuk mendapatkan materi genetik yang disimpan pada Bank Gen di berbagai negara.

Muncul dan berkembangnya teknologi *next-generation sequencing* (NGS) serta menurunnya biaya sekuensing genom dapat mengatasi masalah dalam genotyping tersebut. Teknologi NGS dapat mempercepat pemetaan sekuens genom acuan (*reference genome sequence*) berbagai spesies tanaman, dari tanaman model sampai tanaman budi daya yang bernilai ekonomi tinggi, dari tanaman model *Arabidopsis thaliana* sampai tanaman yang berukuran genom besar dan kompleks seperti jagung, kelapa sawit, kedelai, tebu, dan gandum. Sampai saat ini, setidaknya 39 spesies tanaman telah tersedia peta genom acuannya [18] [19].

Peta genom acuan suatu spesies tanaman merupakan fondasi untuk penemuan gen-gen penting yang berkontribusi pada karakter-karakter bernilai ekonomi [20]. Tersedianya peta genom acuan memungkinkan peneliti melakukan resequencing untuk memahami secara lebih baik susunan genom individu koleksi SDG. Informasi mengenai genotipe individu SDG dapat membantu

mempercepat penemuan berbagai variasi genetik untuk mendukung program pemuliaan tanaman secara terarah, lebih cepat, dan lebih akurat dengan menggunakan metode baru, yaitu pemuliaan tanaman berbasis data genom. Program pemuliaan tanaman ke depan akan lebih fokus pada komparasi komposisi genom individu plasma nutfah. Hal ini akan membuka peluang penggunaan kombinasi strategi baru dalam pemetaan genetik dan analisis evolusi untuk penemuan dan pemanfaatan keragaman genetik SDG tanaman secara optimal untuk menunjang program pemuliaan yang bersinambungan.

Sekuensing DNA atau pengurutan basa DNA merupakan teknik kunci dalam perkembangan ilmu pengetahuan, di antaranya genetika, bioteknologi, biologi molekuler, dan genomika [21]. Sekuensing DNA bertujuan untuk menentukan urutan basa nitrogen (adenin, guanin, sitosin, dan timin) suatu sampel DNA. Metode sekuensing DNA yang pertama kali digunakan adalah metode Sanger (*sanger dideoxy sequencing*). Metode ini menggunakan DNA templat dan memerlukan primer spesifik untuk reaksi sekuensing. Teknologi sekuensing Sanger dan modifikasinya mendominasi metode sekuensing selama 30 tahun [21]. Generasi kedua teknologi sekuensing setelah generasi pertama Sanger dikenal dengan next generation sequencing (NGS). Filosofi dasar pembentukan mesin NGS diadaptasi dari metode sekuensing shotgun [22]. Teknologi NGS membaca templat DNA secara acak (random) sepanjang seluruh genom dengan membuat potongan-potongan pendek DNA genom, kemudian menyambungkannya dengan adapter (potongan DNA pendek yang didesain khusus untuk tujuan ini) agar dapat dibaca oleh mesin NGS secara random selama proses sintesis DNA. Dengan demikian, teknologi NGS sering disebut dengan sekuensing paralel secara masif (*massively parallel sequencing*). Teknologi NGS merupakan revolusi metode sekuensing dan menghasilkan data sekuen yang luar biasa besar dalam waktu relatif singkat dibandingkan dengan metode sekuensing Sanger. Oleh karena itu, diperlukan sumber daya teknologi informasi dan ahli bioinformatika untuk menganalisis data yang dihasilkan sehingga bermanfaat untuk mendukung program pemuliaan tanaman bernilai ekonomi tinggi.

Salah satu aplikasi teknologi sekuensing ialah karakterisasi genom spesies tanaman untuk membuat sekuen genom acuan suatu spesies tanaman. Sekuen genom acuan menjadi pedoman dalam membuat peta genom untuk studi lanjutan berbagai individu aksesori anggota spesies tanaman tersebut. Pembentukan peta genom acuan tanaman tidak dapat dilepaskan dari pemanfaatan teknologi NGS yang berkembang demikian cepat. Revolusi teknologi sekuensing DNA dengan teknologi NGS membuat biaya sekuensing genom menjadi murah sehingga memungkinkan melakukan sekuensing lebih banyak genom spesies tanaman dengan biaya yang terjangkau [23].

Penelitian resekuensing biasanya dilakukan untuk mengetahui perbedaan/variasi DNA individu SDG tanaman dibandingkan dengan sekuen genom acuan yang ada. DNA individu yang dipelajari (misalnya DNA lima varietas padi nasional) diekstraksi dan dibaca urutannya dengan mesin NGS kemudian dibandingkan dengan sekuen genom acuan menggunakan analisis bioinformatika. Data variasi DNA yang diperoleh dapat dimanfaatkan untuk membedakan individu-individu dalam spesies yang sama (misalnya antara padi Rojolele dan IR64) serta mencari basis genetik sifat-sifat unggul yang dimiliki individu tertentu (misalnya sekuen DNA yang menyebabkan nasi dari padi Rojolele lebih wangi daripada IR64).

Teknologi digital memfasilitasi pengurutan genom tanaman dengan kecepatan dan akurasi yang belum pernah terjadi sebelumnya. Metode seperti *Next-Generation Sequencing* (NGS) memungkinkan ilmuwan untuk memetakan seluruh genom tanaman dalam waktu singkat. Data yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak bioinformatika untuk mengidentifikasi gen-gen yang bertanggung jawab atas sifat-sifat penting, seperti ketahanan terhadap penyakit atau efisiensi penggunaan air.

### **3.2. Rekayasa Genetik dan CRISPR**

Kemampuan merekayasa sistem dan organisme biologis memiliki potensi yang sangat besar untuk aplikasi dalam seluruh ilmu dasar bidang biologi, kedokteran, dan bioteknologi.

Endonuklease spesifik urutan yang dapat diprogram yang memfasilitasi pengeditan tepat lokus genom endogen kini memungkinkan interogasi sistematis terhadap elemen genetik dan variasi genetik kausal dalam berbagai spesies, termasuk spesies yang sebelumnya tidak dapat dilacak secara genetik [24a](Ding, 2013). Sejumlah teknologi penyuntingan genom telah muncul dalam beberapa tahun terakhir, termasuk *zinc-finger nucleases* (ZFNs) [24b], *transcription activator-like effector nucleases* (TALENs), dan *RNA-guided CRISPR-Cas nuclease system* [25]. Dua teknologi pertama menggunakan strategi menambatkan domain katalitik endonuklease ke protein pengikat DNA modular untuk menginduksi pemutusan untai ganda DNA (DSBs) yang ditargetkan pada lokus genomik tertentu. Sebaliknya, Cas9 adalah nuklease yang dipandu oleh RNA kecil melalui pasangan basa Watson-Crick dengan DNA target [26], yang mewakili sistem yang jauh lebih mudah untuk dirancang, sangat spesifik, efisien dan sangat cocok untuk pengeditan gen multikompleks dengan kualitas hasil luaran yang tinggi untuk berbagai jenis sel dan organisme.

Metode baru yang dapat digunakan untuk menghasilkan sifat baru tanaman yang menguntungkan adalah melalui modifikasi gen (DNA) di dalam tubuh makhluk hidup yang disebut dengan *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR). Munculnya teknologi genome editing telah membuka jalan baru dalam pemuliaan tanaman secara molekuler terutama dengan sistem CRISPR/Cas9. Teknik ini banyak menarik perhatian karena kemudahan penggunaan dan efektif.

Ini menunjukkan bahwa teknologi digital juga berperan penting dalam rekayasa genetik tanaman, terutama melalui teknik CRISPR-Cas9. Dengan bantuan algoritma komputer, ilmuwan dapat merancang dan mengedit urutan DNA secara spesifik untuk meningkatkan atau mengubah fitur tanaman. Platform perangkat lunak memungkinkan prediksi dampak perubahan genetik dan meminimalisir efek samping yang tidak diinginkan. Metode ini memungkinkan modifikasi genetik yang presisi pada tanaman. CRISPR-Cas9 dapat dimanfaatkan oleh peneliti untuk dapat menghapus, menambah, atau mengubah urutan DNA pada

tanaman untuk menghasilkan varietas yang lebih tahan terhadap penyakit atau stres lingkungan [16].

Unsur-unsur teknologi digital atau informatika yang digunakan dalam pengembangan dan aplikasi CRISPR-Cas9 mencakup beberapa aspek penting, yaitu (a) Desain dan Analisis. Software bioinformatika digunakan untuk merancang guide RNA (gRNA) yang spesifik untuk target gen. Algoritma dan database seperti CRISPR Design Tool, Benchling, atau CHOPCHOP membantu peneliti dalam merancang gRNA dengan efisiensi tinggi dan meminimalkan *off-target effects*. (b) Analisis Data Genom: Setelah pengeditan gen dilakukan, bioinformatika diperlukan untuk menganalisis hasil sekuensing DNA guna mendeteksi perubahan genetik dan mengidentifikasi *off-targets* [27].

Penerapan kajian dengan menggunakan metode ini dapat dilihat pada penelitian pengembangan padi yang tahan terhadap genangan dan kekeringan [28a][28b]. Penelitian pengembangan varietas padi yang tahan terhadap genangan dengan memanfaatkan teknik CRISPR bertujuan untuk mengedit gen yang berhubungan dengan respon tanaman terhadap kondisi genangan. Gen seperti SUB1A, yang berfungsi dalam toleransi genangan, telah dimodifikasi untuk meningkatkan daya tahan tanaman dalam kondisi banjir. Varietas yang dihasilkan menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap genangan, dengan peningkatan produktivitas hingga 20-30% dibandingkan dengan varietas konvensional [28a][28b]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa regenerasi yang tinggi dan efisiensi penyuntingan dapat diperoleh pada genotip Ciherang-Sub1 menggunakan CRISPR-Cas9 dengan embrio yang belum matang sebagai eksplan melalui transformasi yang dimediasi *Agrobacterium*. Studi ini akan memungkinkan penyelidikan lebih lanjut terhadap gen toleransi genangan pada latar belakang genom Ciherang-Sub1 setelah menghilangkan pengaruh besar gen utama SUB1A-1. Lebih jauh, hal ini juga memberikan peluang bagi upaya di masa mendatang untuk lebih meningkatkan Ciherang-Sub1 dan kemungkinan varietas padi *indica* lainnya melalui penyuntingan gen dan rekayasa genetika [28a][28b].

Penelitian lainnya juga dilaksanakan dalam pengembangan padi tahan kekeringan dengan mengedit gen yang terkait dengan

respons tanaman terhadap kekeringan, seperti gen DREB (*Dehydration-Responsive Element Binding*) dan OsNF-YA. Penggunaan CRISPR untuk mengedit gen-gen ini menghasilkan varietas padi yang menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap kekeringan, dengan kemampuan mempertahankan fotosintesis dan biomassa dalam kondisi kering [27] [29].

### **3.3. Pemodelan dan Simulasi**

Tujuan utama pemuliaan tanaman adalah untuk mengembangkan kultivar baru yang secara genetik lebih unggul daripada kultivar yang tersedia saat ini dalam berbagai kondisi lingkungan. Namun, pada umumnya, pemuliaan konvensional sangat bergantung pada seleksi fenotipe dan keterampilan pemulia. Peningkatan produksi data genomik dan metode yang lebih baik untuk membuat fenotipe tanaman memberikan peluang untuk mengevaluasi sifat-sifat penting pada tanaman. Simulasi komputer dapat membantu memanfaatkan kumpulan data genetik yang besar dan beragam untuk membangun model yang tepat guna memprediksi kinerja uji silang berdasarkan informasi yang telah ada sebelumnya, dan untuk membandingkan berbagai metode seleksi yang berbeda dan menetapkan metode seleksi yang optimal dalam pemuliaan tanaman.

Pemodelan komputer digunakan untuk mensimulasikan proses biologis dan interaksi genetik dalam tanaman. Model-model ini membantu ilmuwan memahami bagaimana perubahan genetik dapat mempengaruhi tanaman dalam skala yang lebih besar. Simulasi ini penting untuk merancang eksperimen yang lebih efisien dan memprediksi hasil yang mungkin terjadi sebelum dilakukan percobaan nyata di laboratorium atau lapangan.

#### **a. Simulasi Interaksi Molekuler**

Simulasi Interaksi Molekuler merupakan teknologi pemodelan komputer digunakan untuk memahami interaksi antara gRNA dan DNA target. Tools seperti PyMOL atau Chimera sering digunakan untuk visualisasi struktur molekul. Pemanfaatan teknologi digital berbasis simulasi interaksi molekuler dalam pemuliaan tanaman merupakan pendekatan inovatif yang dapat

meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengembangan varietas baru [30].

Simulasi interaksi molekuler menggunakan perangkat lunak untuk memodelkan interaksi antar molekul dalam tanaman, termasuk protein, enzim, dan metabolit. Ini membantu dalam memahami mekanisme genetik dan biokimia di balik sifat-sifat tanaman yang diinginkan. Menggunakan model simulasi untuk memahami bagaimana berbagai faktor lingkungan dan genetik berinteraksi untuk mempengaruhi hasil pertanian [31]. Pemulia dapat memfokuskan upaya mereka pada kombinasi genetik yang paling menjanjikan dengan memahami interaksi molekuler, sehingga mempercepat proses seleksi dan pengembangan varietas baru. Teknologi ini memungkinkan pemulia untuk memprediksi sifat-sifat tanaman sebelum melakukan percobaan lapangan [31]. Pemulia juga dapat membuat simulasi interaksi antara gen tanaman dan patogen dapat membantu dalam merancang varietas tanaman yang lebih tahan terhadap penyakit [30]. Integrasi data genomik dengan simulasi molekuler memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana variasi genetik mempengaruhi sifat tanaman [32]. Beberapa studi kasus menunjukkan keberhasilan penggunaan simulasi dalam pemuliaan tanaman, seperti pengembangan varietas padi tahan salinitas atau jagung dengan toleransi kekeringan [33].

Teknik pelaksanaan simulasi interaksi molekuler ini dapat dilaksanakan melalui: (1) Molekul Dinamik (MD). Teknik ini mensimulasikan gerakan atom dan molekul dalam waktu nyata. Dengan MD, peneliti dapat mengamati bagaimana protein berinteraksi dengan ligan atau bagaimana struktur DNA beradaptasi. (2) Simulasi Monte Carlo. Metode statistik ini digunakan untuk memahami distribusi energi dan stabilitas konformasi molekul. Ini bermanfaat untuk memprediksi interaksi kompleks antara protein dan DNA. (3) Model Kinetika Reaksi. Digunakan untuk menganalisis laju reaksi biokimia dalam jalur metabolik tanaman. Ini membantu dalam memahami proses seperti fotosintesis dan respons terhadap stres. (4) Pemodelan Genetik. Ini mencakup penggunaan algoritma untuk memprediksi hasil persilangan berdasarkan informasi genetik dari tanaman [34].

Model simulasi interaksi molekuler yang banyak digunakan dalam kegiatan ini, yaitu (a) GROMACS: Digunakan untuk simulasi dinamika molekuler, sering diterapkan dalam studi interaksi protein dan ligan. (b) CHARMM: Memungkinkan peneliti untuk mempelajari interaksi molekuler di dalam sel. (c) PyMOL: Alat visualisasi untuk melihat struktur molekuler dalam 3D, membantu dalam memahami interaksi antara molekul. (d) OpenMM: Perangkat lunak untuk simulasi dinamika molekuler yang memfasilitasi pemodelan interaksi kompleks [35].

Kajian-kajian yang telah dilaksanakan melalui pendekatan simulasi interaksi molekuler, seperti (a) Studi Interaksi Protein dalam Ketahanan Penyakit: Beberapa penelitian telah menggunakan simulasi MD untuk memahami bagaimana protein resistensi tanaman berinteraksi dengan patogen, sehingga dapat membantu dalam pemuliaan varietas yang lebih tahan. (b) Analisis Jalur Metabolik: Penelitian mengenai jalur metabolik yang mempengaruhi hasil panen telah menggunakan simulasi Monte Carlo untuk memahami dinamika metabolisme dan efek stres pada tanaman. (c) Pemodelan Genetik Tanaman Pangan: Beberapa pemulia telah menggunakan pemodelan genetik untuk memprediksi hasil persilangan antara varietas yang berbeda, mengoptimalkan program pemuliaan [35] [36].

Dengan demikian, simulasi interaksi molekuler merupakan alat yang sangat berguna dalam pemuliaan tanaman, memungkinkan peneliti untuk memahami dan memprediksi interaksi kompleks dalam sistem biologis tanaman. Meskipun banyak manfaat, tantangan masa depan dalam penggunaan teknologi ini yaitu kebutuhan akan data yang akurat dan komputasi yang tinggi. Penelitian lebih lanjut sangat diperlukan untuk mengatasi isu ini [37].

## **b. Simulasi Dinamika Molekuler.**

Simulasi dinamika molekuler (MD) adalah metode komputasi yang digunakan untuk memahami perilaku sistem molekuler dengan mensimulasikan interaksi antara atom dalam waktu. Dalam konteks pemuliaan tanaman, MD membantu dalam mempelajari struktur dan dinamika protein, interaksi protein-ligan, serta sifat fisikokimia dari molekul yang terlibat dalam proses pemuliaan [38].

Penguasaan dalam membuat simulasi ini memungkinkan peneliti untuk mempelajari perilaku sistem biologis dalam waktu nyata dan memprediksi hasil dari pengeditan genetik. Simulasi dinamika molekuler dapat digunakan untuk menganalisis interaksi protein sekaligus memahami interaksi antara protein dalam jalur metabolisme tanaman. Simulasi ini dapat mendesain pemuliaan genetik dengan cara mengidentifikasi sifat genetik yang diinginkan dengan mensimulasikan variasi genetik. Pendekatan simulasi ini juga dapat mengkaji aspek-aspek yang berkaitan dengan Stres lingkungan melalui pembuatan model simulasi respon tanaman terhadap stres abiotik seperti kekeringan atau salinitas [39].

Pelaksanaan simulasi dinamika molekuler melibatkan beberapa tahapan kegiatan, yaitu (a) Persiapan Sistem: Memilih dan mempersiapkan struktur molekuler, misalnya protein target atau kompleks protein-ligan. (b) Definisi Parameter: Mengatur parameter simulasi, seperti suhu, tekanan, dan kondisi awal. (c) Simulasi: Menggunakan perangkat lunak MD untuk menjalankan simulasi. (d) Analisis Data: Mengevaluasi hasil simulasi, seperti perubahan energi dan konformasi molekul [40](Haile, 1992). Model yang umum digunakan dalam simulasi dinamika molekuler untuk tujuan pemuliaan tanaman melalui pendekatan bioteknologi yaitu (a) Model Atomistik: Menggunakan model potensial seperti AMBER atau CHARMM untuk menggambarkan interaksi antar atom. (b) Model *Coarse-Grained*: Mengurangi kompleksitas sistem dengan mengelompokkan atom untuk mengurangi waktu simulasi. (c) Simulasi Hybrid: Menggabungkan model atomistik dan coarse-grained untuk mempelajari sistem kompleks [41].

Beberapa perangkat lunak dan alat yang sering digunakan dalam simulasi dinamika molekuler, yaitu (a) GROMACS: Perangkat lunak untuk simulasi dinamika molekuler yang sangat efisien. (b) AMBER: Digunakan untuk simulasi biomolekul, khususnya protein dan asam nukleat. (c) NAMD: Memungkinkan simulasi besar dengan efisiensi tinggi [42].

Contoh penelitian menggunakan simulasi MD (*molecular dynamic*) dalam pemuliaan tanaman adalah studi interaksi antara enzim dan substrat dalam jalur biosintesis metabolit sekunder. Penelitian ini menggunakan simulasi MD untuk mengeksplorasi

bagaimana enzim mengubah substrat pada tingkat atom, memberikan wawasan tentang modifikasi genetik untuk meningkatkan produksi metabolit [43]. Berdasarkan kajian ini dapat menjelaskan bahwa simulasi dinamika molekuler menjadi alat yang sangat berharga dalam pemuliaan tanaman, membantu peneliti memahami interaksi molekuler dan mendukung desain varietas tanaman yang lebih baik. Dengan terus berkembangnya teknologi komputasi, aplikasi MD dalam biologi tanaman akan semakin mendalam dan beragam.

### **3.4. Analisis Data Omik**

Bioteknologi tanaman sering melibatkan Analisis Data Omik, seperti genomik, proteomik, dan metabolomik. Teknologi digital memungkinkan pengumpulan, penyimpanan, dan analisis data dalam skala besar. Dengan menggunakan alat-alat seperti perangkat lunak analisis data dan basis data biologis, peneliti dapat mengidentifikasi biomarker dan jalur biologis yang terlibat dalam karakteristik tanaman. Analisis Data Omik mencakup pengolahan dan interpretasi data dari teknologi tinggi yang menangkap informasi biologis secara menyeluruh. Ini bertujuan untuk memahami interaksi kompleks antara gen, RNA, protein, dan metabolit dalam suatu organisme. Data omik dapat mencakup, genomik, yaitu analisis seluruh genom organisme; transkriptomik, yaitu analisis ekspresi RNA; proteomik, yaitu analisis seluruh protein dalam sel; metabolomik, yaitu analisis metabolit kecil dalam jaringan [22].

Adapun kegunaan Analisis Data Omik dalam bidang kajian bioteknologi, yaitu pemetaan gen, bertujuan untuk memahami lokasi dan fungsi gen dalam genom. Pada bidang kedokteran, bertujuan untuk mendeteksi biomarker dalam menetapkan diagnosis dan terapi penyakit. Bidang pertanian, bertujuan untuk meningkatkan ketahanan tanaman melalui program pemuliaan tanaman dalam rangka perakitan varietas tanaman yang tahan terhadap penyakit dan stres lingkungan. Pada bidang bioteknologi farmasi, bertujuan untuk mengembangkan produk baru dalam bidang farmasi, seperti obat-obatan dan vaksin [44]. Keunggulan penggunaan Analisis Data Omik dalam bidang pertanian akan memberikan penjelasan secara komprehensif dan holistik tentang fungsi-fungsi biologis.

Pendekatan ini menunjukkan adanya dinamika waktu yang sangat efektif untuk mampu menangkap perubahan dalam ekspresi gen dan metabolit sepanjang waktu. Penggunaan analisis data omik ini memungkinkan dilakukannya integrasi data dari berbagai disiplin ilmu [44].

Aplikasi pemanfaatan Analisis Data Omik mencakup berbagai metode, antara lain Analisis Statistika, yaitu langkah untuk mengevaluasi signifikansi perbedaan ekspresi; Bioinformatika, yaitu penggunaan algoritma dan perangkat lunak untuk mengelola dan menganalisis data besar; *Machine Learning*, yaitu upaya untuk mengidentifikasi pola dan prediksi hasil berdasarkan data yang tersedia [45]. Berbagai alat dan perangkat lunak digunakan untuk analisis data omik, antara lain Bioconductor, yaitu suatu platform *open-source* untuk analisis data genomik; *MaxQuant*, yaitu alat untuk analisis proteomik berbasis MS (Mass Spectrometry); *MetaboAnalyst*, yaitu alat untuk analisis metabolomik yang menyediakan berbagai analisis statistik [46].

Suatu kajian analisis transkriptomik pada tanaman padi (*Oryza sativa*) telah dijalankan dalam rangka mengidentifikasi ketahanan tanaman padi terhadap penyakit blast. Kajian ini menggunakan sampel jaringan padi yang terinfeksi dan tidak terinfeksi. Analisis transkriptomik digunakan untuk menganalisis perubahan ekspresi gen selama infeksi oleh patogen *Magnaporthe oryzae*. Data yang diperoleh dari RNA-seq digunakan untuk mengidentifikasi gen yang berperan dalam respons pertahanan. Analisis RNA-seq menggunakan perangkat lunak seperti STAR dan DESeq2 untuk membandingkan ekspresi gen. Kajian ini berhasil mengidentifikasi beberapa gen yang diinduksi selama infeksi, yang berpotensi untuk digunakan dalam program pemuliaan tanaman [47].

Analisis data omik merupakan alat penting dalam penelitian biologi modern, memungkinkan pemahaman yang lebih dalam tentang kompleksitas biologis. Dengan aplikasi di berbagai bidang biologi, seperti pertanian dan kesehatan, metode ini terus berkembang dengan dukungan alat dan teknik baru, membawa inovasi yang dapat meningkatkan ketahanan dan produktivitas tanaman

### 3.5. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Teknologi penginderaan jauh, seperti citra satelit dan drone, memberikan data yang berharga tentang kondisi tanaman dan tanah. Sensor dan kamera yang dipasang pada drone dapat mengumpulkan informasi tentang kesehatan tanaman, kelembaban tanah, dan kepadatan vegetasi. Data ini diolah menggunakan algoritma analitik untuk memantau dan mengelola tanaman secara lebih efektif, serta untuk merancang strategi perawatan dan pemupukan yang lebih efisien [48].

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah teknik untuk mengamati dan mengukur objek atau fenomena di permukaan bumi dari jarak jauh, biasanya menggunakan satelit atau pesawat terbang. Penginderaan jauh dapat menggunakan berbagai jenis sensor yang mengukur radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh objek di permukaan bumi. Penginderaan jauh terdiri dari dua kategori utama, (a) Penginderaan Jauh Pasif, yakni penginderaan yang mengandalkan sumber cahaya alami (seperti matahari) untuk menangkap gambar. Contoh sensor pasif adalah kamera multispektral dan hiperspektral; (b) Penginderaan jauh aktif, yaitu penginderaan yang menggunakan sumber cahaya buatan (seperti radar) untuk mengumpulkan data. Contoh sensor aktif termasuk *Synthetic Aperture Radar* (SAR) [49].

Pada bidang kajian pertanian dan pemuliaan tanaman, penginderaan jauh memungkinkan pengumpulan data mengenai kondisi tanaman, lahan, dan lingkungan dengan cepat dan efisien. Penerapan penginderaan jauh dalam bidang pertanian dapat dimanfaatkan untuk beberapa kegiatan dan studi, yaitu:

- a. Monitoring pertumbuhan tanaman. Dengan menggunakan citra satelit, peneliti dapat memantau fase pertumbuhan tanaman dari jarak jauh, menganalisis pola pertumbuhan, dan mengidentifikasi masalah seperti hama atau penyakit.
- b. Analisis kualitas tanaman: Indeks vegetasi seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dapat digunakan untuk menilai kesehatan tanaman dan kualitas lahan. Data ini penting untuk pemuliaan tanaman dalam memilih varietas yang lebih unggul.

- c. Pemetaan variabilitas lahan. Penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan variasi tanah dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, sehingga pemulia dapat melakukan penyesuaian dalam pemilihan varietas dan teknik budidaya.
- d. Pemantauan stres lingkungan; dengan teknologi penginderaan jauh, pemulia dapat mendeteksi stres yang dialami tanaman akibat kekeringan, salinitas, atau perubahan iklim, yang membantu dalam pengembangan varietas yang lebih tahan terhadap kondisi ekstrem.
- e. Pengumpulan data genetik dan fenotip. Penginderaan jauh dapat membantu dalam pengukuran fenotipe tanaman secara besar-besaran, memungkinkan pemulia untuk lebih baik dalam mengaitkan genotipe dengan karakteristik fisik yang diinginkan [50].

Aplikasi *remote sensing* berbasis kepada data satelit sangat berguna dalam kajian yang terkait dengan pemantauan biodiversitas, khususnya yang relevan dalam konteks pemuliaan tanaman [51]. Pendekatan ini mampu menggali bagaimana data Landsat dapat digunakan untuk aplikasi ekologis, termasuk dalam pemantauan tanaman [52]. Metode ini dapat memberikan gambaran umum tentang aplikasi penginderaan jauh dalam pertanian presisi, termasuk pemuliaan tanaman. Penginderaan jauh memainkan peran yang semakin penting dalam pemuliaan tanaman dengan menyediakan alat yang efisien untuk monitoring, analisis, dan pemetaan. Teknologi ini memungkinkan peneliti untuk mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengembangan varietas tanaman yang lebih produktif dan tahan terhadap stres lingkungan.

### **Tahapan Penginderaan Jauh dalam Pemuliaan Tanaman**

Penginderaan jauh dan *remote sensing* untuk pemuliaan tanaman melibatkan beberapa metode dan tahapan yang sistematis [53] [54], yaitu:

- a. Perencanaan, yaitu menentukan tujuan penelitian dengan memanfaatkan fasilitas penginderaan jauh untuk menentukan tujuan spesifik, misalnya, memonitor pertumbuhan varietas tertentu atau mengidentifikasi area yang terkena stres. Dalam

perencanaan ini termasuk Pemilihan Area, yaitu upaya menentukan lokasi pengamatan yang relevan dengan tujuan penelitian.

- b. Pengumpulan Data, yang meliputi tahapan kegiatan Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*), Platform, yaitu pengumpulan data dengan menggunakan satelit (seperti Landsat, Sentinel) atau drone; Sensor, pelaksanaan yang memanfaatkan sensor optik (citra RGB, multispectral, hyperspectral) dan sensor radiasi (LiDAR, SAR); Pengumpulan Data Lapangan: Melakukan pengukuran langsung untuk kalibrasi dan validasi data penginderaan jauh, termasuk pengambilan sampel tanah dan tanaman.
- c. Pengolahan Data, meliputi kegiatan, Koreksi Citra yaitu melakukan koreksi geometrik dan radiometrik untuk memastikan akurasi data; Analisis Indeks Vegetasi: Menghitung indeks vegetasi seperti NDVI, EVI, dan lainnya untuk menilai kesehatan dan kondisi tanaman; dan Analisis Data: Menggunakan perangkat lunak GIS dan statistik untuk menganalisis dan memvisualisasikan data.
- d. Interpretasi dan Pengambilan Keputusan, meliputi kegiatan: Pemodelan dan Simulasi, yaitu menggunakan model pertumbuhan tanaman dan simulasi untuk meramalkan hasil dan performa varietas; Rekomendasi Varietas, berdasarkan analisis, memberikan rekomendasi varietas atau teknik budidaya yang lebih baik.
- e. Evaluasi dan Validasi, meliputi kegiatan Pengujian Lapangan, yaitu melakukan uji coba lapangan untuk validasi hasil dan rekomendasi; Monitoring Berkelanjutan, yaitu memantau hasil dan dampak dari rekomendasi yang diberikan.

Beberapa model yang sering digunakan dalam penginderaan jauh untuk pertanian khususnya pemuliaan tanaman meliputi: (a) Model Pertumbuhan Tanaman: Seperti AquaCrop atau DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) yang dapat memprediksi pertumbuhan tanaman berdasarkan data iklim dan tanah. (b) Model Spatial Analysis: Menggunakan GIS untuk menganalisis data spasial dan temporal, membantu dalam pemetaan dan analisis distribusi varietas tanaman. (c) Model

*Machine Learning*: Menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis data besar dan mendeteksi pola yang mungkin tidak terlihat secara langsung [54][55].

Implementasi penginderaan jauh telah dilaksanakan dengan penerapan penggunaan NDVI untuk pemantauan kesehatan tanaman. Pemantauan kesehatan tanaman padi telah dilakukan dengan menggunakan citra satelit Sentinel-2 [56]. Sebuah studi menggunakan citra satelit untuk memantau stres air pada tanaman padi, mengidentifikasi pola respon tanaman terhadap irigasi yang berbeda [57]. Penggunaan drone untuk pemantauan variasi pertumbuhan tanaman jagung dan pengaruhnya terhadap hasil panen [53a] [53b]. Suatu kajian tentang model pertumbuhan tanaman dengan data penginderaan jauh dengan menggunakan Kombinasi data penginderaan jauh dan model AquaCrop untuk memprediksi hasil tanaman tomat [58]. Suatu kajian pemantauan penyakit dengan menggunakan drone telah dilakukan untuk mendeteksi infeksi penyakit pada tanaman tomat dengan analisis multispektral [59]. Pemetaan penggunaan varietas unggul telah dilaksanakan dengan memanfaatkan citra satelit untuk pemetaan distribusi varietas unggul jagung berdasarkan karakteristik tanah dan iklim.

Metode penginderaan jauh dalam pemuliaan tanaman meliputi serangkaian tahapan yang sistematis mulai dari perencanaan hingga evaluasi. Penggunaan model dan teknologi canggih memungkinkan peneliti untuk mengoptimalkan hasil dan memperbaiki pemilihan varietas tanaman, yang penting dalam menghadapi tantangan pertanian modern. Kajian-kajian yang telah dijalankan selama ini menunjukkan bahwa potensi besar penginderaan jauh dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemuliaan tanaman. Penginderaan jauh merupakan alat yang sangat berguna dalam pemuliaan tanaman, memberikan data dan analisis yang membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik dan efisien. Potensi penggunaan penginderaan jauh dalam pemuliaan tanaman terus berkembang, terutama dengan kemajuan teknologi dan metode analisis digital, harapannya adalah membantu meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil produksi pertanian dan

menghasilkan varietas unggul yang memiliki ketahanan terhadap cekaman abiotik dan biotik.

### **3.6. Fenotiping Digital Tanaman**

Untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas tanaman, diperlukan adanya analisis kuantitatif akan ciri-ciri dan bentuk tanaman untuk mempercepat upaya pemilihan tanaman yang mampu beradaptasi lebih baik terhadap keterbatasan sumber daya dan kondisi tanah [60]. Dalam memperbaiki kualitas tanaman, banyak upaya dilakukan pada studi di bidang genomik fungsional dengan menggunakan alat-alat genomik berkinerja tinggi [61][62]. Namun, usaha lebih masih dibutuhkan untuk memetakan hubungan antara genotip-fenotip untuk pengembangan pemuliaan tanaman pangan. Prosedur fenotiping konvensional yang merupakan sebuah metode yang berkaitan dengan karakter-karakter tanaman yang tentunya berhubungan dengan informasi-informasi yang disediakan oleh genotip tanaman itu, belum mampu menyediakan analisis keseluruhan dan tidak mampu menampilkan hubungan antara genotip dengan fenotipnya. Untuk mengatasi hal ini dikenal istilah fenomik (*phenomics*) yang merupakan cabang dari ilmu biologi [63]. Fenomik merupakan teknologi yang mampu melakukan proses fenotiping berkinerja tinggi untuk tanaman [64].

Dalam rangka memenuhi kebutuhan akan penelitian saat ini, platform fenotiping yang dapat diandalkan, otomatis, dan berkinerja tinggi sudah dikembangkan. Platform-platform fenotiping yang tersedia pada saat ini termasuk didalamnya berbagai macam metodologi akuisisi citra untuk mendapatkan data fenotip secara invasif untuk digunakan pada studi kuantitatif akan ciri-ciri kompleks tanaman, contoh: pertumbuhan, toleransi, resistansi, fisiologi, produktivitas, dan pengukuran-pengukuran dasar atas parameter-parameter individual [65]. Platform fenotiping dengan akuisisi citra secara otomatis yang berkinerja tinggi saat ini merupakan alat yang ideal, dan semakin hari menjadi semakin populer dan semakin canggih, dengan kemampuannya untuk mengukur beberapa parameter-parameter fisiologi dan morfologi pada sebuah tanaman.

Akuisisi citra merupakan proses dimana kita mendapatkan representasi digital dari sebuah keadaan, representasi ini disebut

dengan citra, dan elemen-elemen pembentuknya disebut dengan piksel. Alat elektronik yang digunakan untuk mengambil citra dikenal sebagai sensor citra. *Charge-coupled device* (CCD) dan complementary metal oxide semiconductor (CMOS) adalah teknologi yang paling banyak digunakan pada sensor citra [66]. Kedua teknologi ini digabungkan dengan teknologi time delay and integration (TDI) akan meningkatkan fitur-fitur pada sistem akuisisi citra secara signifikan. Teknologi ini digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan kemampuan untuk beroperasi pada kondisi pencahayaan yang ekstrim, yang membutuhkan baik kecepatan dan sensitivitas, seperti pada inspeksi, monitoring, sortasi, dan penginderaan jauh [67].

Teknologi akuisisi citra berkembang dengan pesat. Secara umum untuk teknologi fenotiping digital ini dapat dikelompokkan dalam enam kategori, yaitu:

- (a) Mono-RGB. Sistem mono-RGB disusun dari sebuah rangkaian lensa, sensor citra, perangkat keras spesifik tertentu, dan antarmuka masukan/keluaran. Sebagian besar peralatan fenotiping digital menggunakan sistem ini. Salah satu contoh penggunaan mono-RGB adalah pada pengembangan alat fenotiping digital yang dilakukan di Korea Institute of Science and Technology yang menggunakan sensor sederhana berupa kamera web digital biasa [68].
- (b) Sistem Stereo. Sistem stereo digunakan untuk mengatasi masalah yang didapatkan pada sistem monoRGB untuk pengukuran jarak. Prinsip kerja sistem ini adalah dengan menghitung jarak antara dua titik pada sistem mono, citra yang dihasilkan dikenal dengan nama depth map [69]. Contoh penggunaan sistem ini adalah pada percobaan yang dilakukan oleh Biskup untuk mendapatkan fitur-fitur struktural pada kanopi tanaman. citra rekonstruksi 3 dimensi berhasil dihasilkan, hal ini merupakan salah satu bentuk keberhasilan penggunaan sistem stereo pada fenotiping tanaman [70].

- (c) Kamera multi dan hiperspektral. Kamera baik multispektral dan hiperspektral digunakan pada beberapa aplikasi industri. Resolusi spektral menjadi faktor utama yang membedakan citra multispektral dengan citra hiperspektral [71]. Kamera multispektral adalah kamera yang mampu menangkap citra dari beberapa band spektral diskrit. Jumlah band yang dapat ditangkap semakin bertambah seiring dengan perkembangan teknologi. Pada saat ini produsen kamera multispektral menawarkan produknya dengan kemampuan menangkap band sebanyak 3 hingga 25 band, termasuk di dalamnya cahaya tampak, near infrared (NIR), dan band-band lainnya [72]. Sistem hiperspektral dapat menangkap resolusi panjang gelombang hingga beberapa nanometer, pada tiap pikselnya didapatkan tanda-tanda digital yang mengandung beberapa ratus band kontinu dalam rentang panjang gelombang tertentu [73].
- (d) Kamera ToF. Kamera *Time of Flight* (ToF) merupakan salah satu sensor digital yang diperkenalkan untuk penggunaan fenotiping [74]. ToF memiliki prinsip umum pengukuran jarak antara obyek kamera pada tiap pikselnya. Hal ini dapat diraih dengan mengukur waktu yang digunakan oleh sebuah sinyal NIR untuk kembali ke sumber setelah dipantulkan kembali oleh obyek. Hal ini memungkinkan rekonstruksi citra 3D secara presisi. Sistem ini sering dipadukan dengan sistem stereo untuk meningkatkan performa dari metodologi untuk segmentasi citra digital dalam mengukur luas area daun [75] (Song, 2011).
- (e) Teknologi LIDAR. Teknologi LIDAR merupakan teknologi penginderaan jauh yang dikembangkan ada awal tahun 70-an untuk memonitor permukaan bumi. LIDAR digunakan juga untuk mengakuisisi citra dari kejauhan dengan jarak kilometer hingga sentimeter, menunjukkan potensi yang besar dari teknologi ini untuk penggunaan di fenotifik nmnapaa. Satelit yang berbasis teknologi LIDAR banyak digunakan untuk pengukuran tinggi kanopi tanamanm luar area, volum biomassa dan lain lain [76][77].

Beberapa kelemahan LIDAR pada penggunaannya di fenotiping digital tanaman adalah ketiadaannya warna, waktu yang banyak untuk melakukan komputasi, presisi yang rendah untuk fenotiping dalam jumlah besar, dan gangguan yang diakibatkan oleh angin, hujan, serangga, dan partikel-partikel kecil di udara yang dapat menurunkan kualitas citra yang didapatkan melalui teknologi ini [78].

- (f) Citra termografi dan fluorescence. Citra termografi merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan pada penginderaan jauh dan fenotiping tanaman [79]. Kamera termografi mampu menangkap citra dalam rentang panjang gelombang 300 hingga 14000 nm [60], sehingga memungkinkan untuk melakukan konversi dari energi iradiasi ke nilai suhu ketika suhu lingkungannya juga diketahui [80]. Teknologi ini juga dapat digunakan untuk mengukur nilai evapotranspirasi pada bagianbagian tanaman yang berbeda [81]. Citra fluorescence juga digunakan banyak eksperimen, awal mula pemakaian citra ini adalah pada identifikasi *phenylpropanoid synthesis mutant* pada tanaman Arabidopsis [82]. Kedua bentuk sistem pencitraan ini menghasilkan citra yang mudah untuk dianalisis karenasegmentasi dapat diaplikasikan secara mudah di bentuk citra ini, dan kombinasi keduanya juga dapat menghasilkan data yang sangat baik jika jaringan syaraf tiruan diaplikasikan [83].

Pendekatan penomik digital membutuhkan sensor-sensor yang terintegrasi baik sensor citra dan sensor yang berdasarkan panjang gelombang agar dapat mengidentifikasi obyek secara baik. Banyak penelitian dilakukan di dalam ruang, sehingga dapat menghasilkan keluaran citra yang seragam dan memudahkan proses analisisnya, berbeda dengan pelaksanaan fenotiping di luar ruang. Penerapan teknologi-teknologi yang terus berkembang diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik. Pendekatan big data dapat menghasilkan proses fenotiping digital yang lebih baik. Metode-metode analisis citra pada umumnya menggunakan tahapan-tahapan yang tetap dari proses pengukuran dan

pemrosesan citra, yang dibuat oleh penciptanya untuk memenuhi kebutuhan prosedur tertentu.

Aplikasi analisis transkriptomik dalam perakitan tanaman unggul kedelai (*Glycine max*) telah pernah dilakukan untuk meningkatkan ketahanan terhadap hama dan penyakit serta meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil [84]. Analisis transkriptomik dapat membantu mengidentifikasi gen-gen kunci yang berkontribusi terhadap sifat-sifat unggul tersebut. Pengambilan sampel dilakukan pada dua varietas kedelai, yaitu varietas unggul yang tahan terhadap hama dan varietas lokal yang rentan. Sampel diambil dari daun dan biji pada fase vegetatif dan generatif. Ekstraksi RNA total diekstraksi menggunakan kit komersial seperti *Qiagen RNeasy Mini Kit*. Sekuensing RNA (RNA-Seq) dilakukan dengan menggunakan platform Illumina. Proses ini menghasilkan data pembacaan yang besar untuk analisis lebih lanjut. Analisis data dilakukan dengan tahapan pembersihan data, yaitu menggunakan software Trimmomatic untuk menghapus pembacaan berkualitas rendah; selanjutnya dilakukan pemetaan, yaitu pembacaan yang bersih dipetakan ke genom referensi kedelai menggunakan STAR; untuk analisis Ekspresi gen menggunakan DESeq2 untuk membandingkan perbedaan antara varietas unggul dan lokal [85].

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat lebih dari 500 gen yang menunjukkan perbedaan ekspresi signifikan antara varietas unggul dan lokal. Gen-gen ini termasuk a. gen pertahanan, yaitu gen yang terlibat dalam respons terhadap patogen; b. gen regulasi pertumbuhan, yaitu gen yang mengatur proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman; c. dan gen metabolisme, yaitu gen yang terlibat dalam biosintesis metabolit sekunder. Hasil analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa varietas unggul memiliki ekspresi gen pertahanan yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada ketahanannya terhadap hama. Penemuan ini memberikan wawasan baru tentang mekanisme ketahanan tanaman dan dapat digunakan dalam program pemuliaan [84]. Kajian ini menyimpulkan bahwa analisis transkriptomik tidak hanya mengidentifikasi gen yang terlibat dalam ketahanan, tetapi juga memberi informasi tentang jalur biologis yang dapat dikendalikan

untuk meningkatkan ketahanan tanaman secara keseluruhan. Pendekatan ini dapat diintegrasikan dengan metode pemuliaan konvensional untuk mempercepat proses perakitan varietas unggul yang lebih adaptif dan produktif. Analisis transkriptomik memberikan wawasan yang mendalam tentang gen-gen yang terlibat dalam sifat-sifat unggul pada tanaman kedelai. Temuan ini tidak hanya relevan untuk pemuliaan tanaman kedelai, tetapi juga dapat diterapkan pada spesies tanaman lain untuk meningkatkan ketahanan dan produktivitas.

### **3.7. Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan, mengelola, dan menganalisis data yang memiliki komponen geografis [86]. Dalam konteks pemuliaan tanaman, SIG digunakan untuk memahami variasi genetik tanaman di berbagai lokasi, mendukung pemilihan lokasi pengujian varietas baru, dan membantu dalam pengelolaan sumber daya genetik. SIG memfasilitasi pemetaan distribusi varietas tanaman, identifikasi daerah dengan potensi tinggi untuk pertumbuhan tanaman tertentu, serta analisis dampak lingkungan terhadap produktivitas tanaman. Dengan menggunakan SIG, pemulia dapat memvisualisasikan data lingkungan (seperti curah hujan, suhu, dan tipe tanah) dan menghubungkannya dengan performa varietas tanaman [87].

Penelitian yang menggunakan fasilitas Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam pemuliaan tanaman dapat dibagi menjadi beberapa tahapan dan metode. Berikut ini adalah penjelasan mengenai tahapan penelitian yang umum digunakan:

- a. Identifikasi Masalah, yaitu menentukan masalah spesifik dalam pemuliaan tanaman yang ingin dipecahkan, seperti peningkatan ketahanan terhadap hama atau peningkatan hasil panen.
- b. Pengumpulan Data, yaitu mengumpulkan data genetik dan fenotip dari tanaman yang menjadi fokus penelitian. Data ini dapat mencakup informasi tentang varietas, lokasi tumbuh, serta karakteristik tanaman. Data lingkungan, seperti iklim, topografi, dan jenis tanah, dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk citra satelit dan pengukuran lapangan.

- c. Pengolahan Data, yaitu menggunakan perangkat SIG untuk mengolah data yang dikumpulkan. Ini melibatkan pemetaan genetik, analisis pola sebaran genetik, dan pemodelan lingkungan.
- d. Analisis Genetik, menggunakan metode analisis seperti marker genetik untuk mengidentifikasi gen atau lokus yang berhubungan dengan sifat-sifat penting dalam tanaman.
- e. Pengembangan Varietas, berdasarkan hasil analisis, mengembangkan varietas tanaman baru yang memiliki sifat unggul, seperti ketahanan terhadap penyakit atau peningkatan produktivitas.
- f. Uji Lapangan, yaitu melakukan uji coba di lapangan untuk mengevaluasi kinerja varietas baru dalam kondisi yang berbeda.
- g. Evaluasi dan Penyebaran, yaitu mengumpulkan data dari uji lapangan, menganalisis hasil, dan merencanakan strategi penyebaran varietas baru kepada petani atau pengguna.

Metode penelitian yang umum dilakukan dengan memanfaatkan SIG yaitu:

- a. Analisis Pemetaan Genetik, yaitu menggunakan SIG untuk memetakan sebaran genetik tanaman di berbagai lokasi. Hal ini membantu dalam memahami diversitas genetik dan adaptasi tanaman terhadap lingkungan. Data yang telah dikumpulkan dipetakan menggunakan perangkat lunak SIG untuk mengidentifikasi pola distribusi dan lokasi optimal untuk varietas tanaman tertentu [88][89][90].
- b. Modeling, yaitu membangun model untuk memprediksi bagaimana faktor lingkungan memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman, serta bagaimana genetik berkontribusi terhadap sifat tersebut [91].
- c. *Marker-Assisted Selection* (MAS), yaitu menggunakan penanda genetik untuk mempercepat proses seleksi dalam pemuliaan tanaman, sehingga pemulia bisa memilih individu dengan sifat yang diinginkan lebih cepat.
- d. Analisis Spasial, yaitu mengintegrasikan data lingkungan (seperti iklim, tanah, dan faktor ekologis lainnya) dengan data genetik untuk memahami interaksi antara gen dan lingkungan [90].

Analisis dilakukan untuk memahami hubungan antara variabel lingkungan dan performa varietas tanaman. Teknik analisis spasial seperti analisis hotspot dan pemodelan statistik dapat diterapkan

- e. Bioinformatika, yaitu menggunakan perangkat lunak dan algoritma untuk menganalisis data genetik dan fenotip secara komprehensif, termasuk urutan DNA dan analisis genom.
- f. Studi Kasus, yaitu melakukan studi kasus di lokasi tertentu untuk melihat penerapan metode pemuliaan tanaman dengan SIG dalam konteks yang lebih spesifik.

Integrasi SIG dalam pemuliaan tanaman memungkinkan peneliti untuk mendapatkan wawasan yang lebih baik tentang genetik dan interaksi tanaman dengan lingkungannya. Melalui tahapan yang sistematis dan metode yang tepat, penelitian ini dapat menghasilkan varietas tanaman yang lebih unggul dan adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Beberapa perangkat SIG yang digunakan untuk tujuan pemuliaan tanaman, seperti

- a. ArcGIS, yaitu perangkat lunak SIG yang banyak digunakan untuk analisis dan pemetaan data geospasial [92].
- b. QGIS: Alternatif *open-source* untuk SIG yang mendukung pemetaan dan analisis data [93].
- c. R dan Paket Spasialnya: R adalah bahasa pemrograman yang kuat untuk analisis statistik, dengan paket seperti SP dan Raster yang digunakan untuk analisis data spasial [94].

Pemanfaatan SIG dalam pemuliaan tanaman menawarkan peluang yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemuliaan. Dengan menggunakan SIG, pemulia dapat melakukan analisis yang lebih mendalam terhadap interaksi genetik dan lingkungan, sehingga dapat mengembangkan varietas tanaman yang lebih adaptif dan produktif. GIS digunakan untuk menganalisis dan mengelola data yang berkaitan dengan lokasi geografis tanaman. Teknologi ini memungkinkan pemetaan distribusi genetik, pemantauan perubahan lingkungan, dan perencanaan penggunaan lahan. Integrasi GIS dengan data biologis dapat membantu dalam pengembangan strategi konservasi dan manajemen tanaman yang lebih baik.

### 3.8. Platform Cloud dan Big Data

Dengan pertumbuhan pesat teknologi informasi, munculnya *Internet of Things* (IoT), dan semakin banyaknya sumber data digital, Big Data telah menjadi fokus utama dalam berbagai industri. *Cloud computing* memungkinkan penyimpanan dan pemrosesan data dalam skala besar dengan biaya yang lebih rendah dan efisiensi yang lebih tinggi. Kombinasi ini sangat berguna di bidang pertanian, di mana analisis data dapat membantu meningkatkan hasil pertanian dan keberlanjutan.

Platform Cloud merujuk pada layanan yang menyediakan infrastruktur TI, platform, atau perangkat lunak melalui internet. Ini memungkinkan pengguna untuk mengakses dan mengelola data serta aplikasi tanpa perlu memiliki perangkat keras atau perangkat lunak secara fisik. Cloud computing menawarkan fleksibilitas, skalabilitas, dan pengurangan biaya operasional [94].

Big Data adalah istilah yang menggambarkan kumpulan data yang sangat besar dan kompleks yang tidak dapat dikelola oleh perangkat lunak pengolahan data tradisional. Big Data ditandai oleh tiga aspek utama: *Volume* (jumlah data), *Velocity* (kecepatan data mengalir), dan *Variety* (beragamnya sumber dan tipe data). Konsep ini berkembang seiring dengan pertumbuhan data digital di seluruh dunia [95].

*Platform cloud computing* dan *big data* memberikan kapasitas penyimpanan dan pemrosesan yang diperlukan untuk menangani volume data besar yang dihasilkan dalam penelitian bioteknologi tanaman. Teknologi ini memungkinkan kolaborasi global dan akses mudah terhadap data dan alat analisis, mempercepat penemuan dan pengembangan inovasi dalam bioteknologi tanaman. Kegunaan pemanfaatan *Platform Cloud* dan *Big Data* dalam program pemuliaan tanaman adalah untuk (1) Analisis Data, penggunaan Platform cloud memungkinkan analisis data yang lebih cepat dan lebih mendalam, membantu peneliti memahami pola dan tren dalam pemuliaan tanaman [96]. (2) Penyimpanan Data, penyimpanan data besar dalam cloud memudahkan akses data dari berbagai sumber [97]. (3) Kolaborasi, *Cloud computing* mendukung kolaborasi antar peneliti dan institusi, mempercepat inovasi dalam penelitian pemuliaan tanaman [98].

Metode yang digunakan dalam *Platform Cloud* dan *Big Data* di bidang pemuliaan tanaman meliputi:

- (a) *Data Mining*, yaitu proses mengekstrak informasi berharga dari kumpulan data besar [99].
- (b) *Machine Learning*, yaitu menggunakan algoritma untuk menganalisis data dan membuat prediksi berdasarkan pola yang teridentifikasi [100].
- (c) Analisis Statistik, yaitu metode statistik untuk menganalisis data yang dihasilkan dari eksperimen pemuliaan tanaman [101].

Beberapa alat yang umum digunakan dalam *Platform Cloud* dan *Big Data* untuk pemuliaan tanaman meliputi:

- (a) *Apache Hadoop*: Kerangka kerja open-source untuk pemrosesan data besar [102].
- (b) *Apache Spark*: Alat pemrosesan data yang cepat, ideal untuk analisis data real-time [103].
- (c) *Google Cloud Platform*: Menawarkan berbagai layanan untuk analisis data besar dan penyimpanan [104].
- (d) *Microsoft Azure*: Menyediakan layanan analisis dan pembelajaran mesin yang komprehensif [105].
- (e) *R* dan *Python*: Bahasa pemrograman populer untuk analisis data dan pemodelan statistik [106][107].

Salah satu contoh penelitian pemuliaan tanaman yang memanfaatkan Platform Cloud dan Big Data adalah penelitian tentang pemuliaan padi menggunakan analisis genomik. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan data genomik untuk mengidentifikasi gen-gen yang berkontribusi terhadap hasil dan ketahanan tanaman. Penelitian ini memanfaatkan platform cloud untuk menyimpan dan memproses data genomik besar, serta menggunakan teknik *machine learning* untuk memprediksi hasil berdasarkan data yang ada [108]. *Platform Cloud* dan *Big Data* berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas penelitian pemuliaan tanaman. Dengan memanfaatkan teknologi ini, peneliti dapat mengakses, menyimpan, dan menganalisis data dalam skala besar, yang pada akhirnya berkontribusi pada inovasi dalam bidang pertanian.

Suatu kajian analisis genomik untuk peningkatan ketahanan terhadap penyakit pada tanaman jagung [109] [110]. Ketahanan terhadap penyakit merupakan salah satu faktor penting dalam pemuliaan tanaman, khususnya untuk jagung (*Zea mays*), yang merupakan salah satu komoditas pangan utama di dunia. Penyakit seperti hawar daun jagung dapat mengurangi hasil secara signifikan. Dengan menggunakan teknologi big data dan platform cloud, peneliti dapat menganalisis data genetik dalam skala besar untuk mengidentifikasi gen-gen yang berkontribusi terhadap ketahanan penyakit. Metode kajian ini dijalankan dengan beberapa tahapan yaitu, Pengumpulan Data, yaitu pengumpulan data genomik dari berbagai varietas jagung yang memiliki tingkat ketahanan yang berbeda terhadap penyakit; Analisis Genomik, yaitu dengan menggunakan sekuensing genetik untuk mengidentifikasi SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms) yang terkait dengan ketahanan penyakit menggunakan tool **BigQuery** Untuk analisis data besar secara real-time dan **R** untuk analisis statistik dan visualisasi data; Model Prediktif, yaitu memanfaatkan algoritma machine learning untuk membangun model prediktif yang dapat mengidentifikasi varietas jagung yang lebih tahan terhadap penyakit berdasarkan data genomik dengan alat TensorFlow; Platform Cloud, yaitu penyimpanan dan pemrosesan data dengan menggunakan *Google Cloud Platform* dan *Apache Spark* untuk skalabilitas dan kecepatan data dalam jumlah besar.

Hasil studi ini berhasil menjalankan proses Identifikasi Gen, yaitu mengidentifikasi beberapa SNPs yang signifikan terkait dengan ketahanan terhadap penyakit, termasuk SNP di gen-gen yang berperan dalam respons tanaman terhadap infeksi patogen. Kajian mampu membuat Model Prediktif, yaitu model machine learning yang dibangun menunjukkan akurasi lebih dari 85% dalam memprediksi ketahanan varietas jagung terhadap penyakit berdasarkan data genetik. Kajian ini juga menunjukkan penggunaan *BigQuery* memungkinkan analisis data dalam waktu singkat, mempercepat proses pengambilan keputusan untuk pemuliaan. Penggunaan R untuk visualisasi kajian ini dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai hubungan antara gen-gen tertentu dan ketahanan penyakit. Penelitian ini menunjukkan bahwa

pemanfaatan *Platform Cloud* dan *Big Data* dalam pemuliaan tanaman dapat mempercepat identifikasi gen-gen yang berkontribusi terhadap ketahanan penyakit. Dengan model prediktif yang akurat, pemulia tanaman dapat lebih efektif dalam memilih varietas yang tahan terhadap penyakit, yang pada gilirannya dapat meningkatkan hasil panen dan keberlanjutan pertanian. Penelitian ini membuka jalan untuk penelitian lebih lanjut dalam pemuliaan tanaman menggunakan pendekatan berbasis data [109][110].

### **3.9. Kecerdasan Buatan dan Pembelajaran Mesin**

Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligent*) dan Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*) digunakan untuk menganalisis pola data dan membuat prediksi mengenai hasil eksperimen. Algoritma AI dapat mengidentifikasi pola yang tidak mudah terlihat oleh manusia dan memberikan wawasan baru tentang mekanisme biologis. Misalnya, AI dapat digunakan untuk menganalisis gambar mikroskopis tanaman dan mendeteksi adanya penyakit atau perubahan morfologi dengan akurasi tinggi.

#### **a. Kecerdasan Buatan (AI)**

Kecerdasan Buatan adalah cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem yang dapat melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia, seperti pembelajaran, penalaran, dan pengambilan keputusan (Russel & Norvig, 2010). Dalam konteks pemuliaan tanaman, AI digunakan untuk menganalisis data genetik, mempercepat proses seleksi, dan meningkatkan ketepatan pemuliaan. Pemuliaan tanaman tradisional sering kali memerlukan waktu bertahun-tahun untuk menghasilkan varietas baru yang lebih unggul. Dengan kemajuan teknologi informasi dan pengolahan data, AI menawarkan metode yang lebih efisien. Pemuliaan tanaman dapat diuntungkan dari kemampuan AI dalam memproses dan menganalisis data besar (*big data*) serta melakukan prediksi yang lebih akurat. AI dapat membantu dalam analisis genetik, memprediksi karakteristik tanaman, dan memfasilitasi pengembangan varietas yang tahan terhadap penyakit atau memiliki hasil yang lebih tinggi [111].

Kegunaan Kecerdasan Buatan (AI) dalam kegiatan pemuliaan tanaman akan membantu pemulia untuk: (a) Analisis

Data Genetik, karena AI dapat menganalisis data genetik untuk mengidentifikasi kombinasi gen yang paling menguntungkan. Ini mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk proses pemuliaan. (b) Prediksi Karakteristik, karena dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin, AI dapat memprediksi sifat-sifat tanaman yang diinginkan dari data historis, seperti hasil, ketahanan penyakit, dan toleransi terhadap stres lingkungan [112]. (c) Optimasi Proses Pemuliaan, dengan AI memungkinkan pemulia untuk merencanakan dan mengoptimalkan strategi pemuliaan dengan menggunakan simulasi yang kompleks, meningkatkan kemungkinan sukses dalam pengembangan varietas baru [113].

Beberapa metode yang umum digunakan dalam pemuliaan tanaman dengan memanfaatkan AI meliputi: (a) Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*), yaitu penggunaan algoritma seperti regresi, pohon keputusan, dan jaringan syaraf untuk menganalisis data dan memprediksi sifat tanaman [101]. (b) Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Networks*), yaitu membuat peemodelan hubungan kompleks antara gen dan fenotipe tanaman, yang membantu dalam pemahaman genetik yang lebih dalam [114]. (c) Algoritma Genetika, yaitu penggunaan prinsip pemilihan alami untuk menemukan solusi optimal dalam pemuliaan tanaman, termasuk pemilihan genotipe yang paling produktif [115].

Beberapa alat dan perangkat lunak yang digunakan dalam penerapan AI dalam pemuliaan tanaman antara lain, (a) R dan Python, yaitu dua bahasa pemrograman ini sangat umum digunakan untuk analisis data dan penerapan algoritma AI dalam pemuliaan tanaman. (b) *TensorFlow* dan Keras, Library untuk membangun model pembelajaran mendalam yang dapat digunakan untuk menganalisis data genetik dan memprediksi sifat tanaman. (c). *PlantBreedingTools*, yaitu Platform yang dirancang khusus untuk pemuliaan tanaman yang mengintegrasikan analisis data dan algoritma AI [116].

Suatu kajian yang menggunakan AI dalam pemuliaan tanaman telah dijalankan untuk pengembangan model pembelajaran mesin untuk memprediksi hasil jagung berdasarkan data genetik dan lingkungan. Penelitian ini menunjukkan bahwa

model AI dapat meningkatkan akurasi prediksi hasil hingga 20% dibandingkan metode konvensional [117].

Suatu kajian dalam yang bertujuan untuk menggabungkan metode bioteknologi dalam pemuliaan tanaman dengan kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi gen-gen yang berkontribusi terhadap ketahanan kekeringan dan mengembangkan varietas padi yang lebih unggul [118a]. Hal ini mengantisipasi perubahan iklim yang menyebabkan peningkatan frekuensi dan intensitas kekeringan, yang berdampak signifikan pada hasil pertanian, khususnya padi, yang merupakan sumber pangan utama bagi lebih dari setengah populasi dunia. Untuk mengatasi masalah ini, pengembangan varietas padi yang tahan kekeringan menjadi sangat penting. Secara lebih objektif kajian ini adalah mengidentifikasi gen-gen kunci yang berkontribusi terhadap ketahanan kekeringan pada padi, penggunaan algoritma AI untuk menganalisis data genetik dan fenotipik guna memprediksi ketahanan kekeringan, dan mengembangkan varietas padi yang ditargetkan melalui teknik pemuliaan yang berbasis data AI dan bioteknologi pemuliaan tanaman.

Penggunaan AI untuk kegiatan pemuliaan tanaman ini dapat dijalankan melalui beberapa tahapan berikut [118a][118b];

- a. Pengumpulan Data, misalnya proses pengumpulan data genetik dan fenotipik tanaman dikumpulkan dari beberapa populasi yang diuji dalam kondisi kekeringan [118c];
- b. Analisis Genetik, misalnya teknik pemetaan genetik tanaman padi digunakan untuk mengidentifikasi marker genetik terkait ketahanan kekeringan. Analisis genetik dapat digunakan R dan Python untuk analisis data dan penerapan algoritma AI, serta *GenomeStudio* digunakan untuk analisis data genetik dan pemetaan genetik [118c];
- c. Pemodelan Genetik dan Simulasi, misalnya platform *Random Forest* dan *Support Vector Machine (SVM)* yang dapat diterapkan untuk menganalisis data dan memprediksi ketahanan kekeringan berdasarkan marker genetik. Dalam hal ini *Scikit-learn: Library Python* digunakan untuk implementasi algoritma pembelajaran mesin [118d]. AI memungkinkan pemulia untuk melakukan simulasi berbagai kombinasi genetik dan

memprediksi hasilnya, sehingga pemulia dapat memperoleh wawasan tentang potensi hasil sebelum melakukan uji coba lapangan.

- d. Seleksi Genetik. AI dapat mempercepat proses seleksi dengan menganalisis data fenotip dan genotip secara simultan. Dengan menggunakan teknik pembelajaran mendalam (*deep learning*), sistem dapat mengidentifikasi varietas terbaik berdasarkan kriteria yang ditentukan [118a].
- e. Validasi, misalnya varietas yang dihasilkan diuji di lapangan untuk menilai ketahanan terhadap kekeringan dan hasil. Platform *FieldTrials* dapat digunakan untuk pengujian lapangan dan analisis hasil. AI dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan tanaman dan kesehatan tanaman secara real-time menggunakan drone dan sensor. Data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk memberikan rekomendasi perawatan yang lebih baik [118e].
- f. Optimasi Rantai Pasok. AI juga dapat digunakan untuk memprediksi permintaan pasar dan mengoptimalkan rantai pasok varietas baru. Dengan analisis data pasar, pemulia dapat merencanakan produksi yang lebih baik dan meningkatkan distribusi varietas unggul [113].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model AI berhasil mengidentifikasi beberapa marker genetik yang signifikan terkait ketahanan kekeringan, dengan akurasi prediksi mencapai 90%. Varietas padi yang dikembangkan menunjukkan peningkatan ketahanan kekeringan dan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Para peneliti menekankan pentingnya integrasi teknologi AI dan bioteknologi untuk mempercepat proses pemuliaan tanaman, serta potensi untuk mengembangkan varietas padi yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim [117] [118c].

## **b. Machine learning (Pembelajaran Mesin)**

Pemuliaan tanaman merupakan cabang ilmu pertanian yang dinamis. Dimulai dengan seleksi sederhana tanaman yang mengesankan dengan karakteristik yang unggul. Kemudian, genetika dan statistik terlibat dalam pemuliaan tanaman klasik, terutama setelah penemuan Gregor Mendel dan Sir Ronald Aylmer

Fisher. Selanjutnya, pemuliaan tanaman modern muncul dengan kemajuan dalam pendekatan genetik dan bioteknologi. Metode pemuliaan tanaman klasik terutama mencakup penilaian dan klasifikasi keanekaragaman genetik, analisis komponen hasil (seleksi tidak langsung genotipe unggul dengan karakteristik ekonomi yang mengesankan), analisis stabilitas hasil (interaksi genotipe  $\times$  lingkungan), peningkatan toleransi terhadap stres biotik dan abiotik, dan program pemuliaan hibrida. Metode pemuliaan bioteknologi berbasis *in vitro* terutama mencakup mikropropagasi *in vitro*, produksi haploid ganda, induksi poliploid buatan, dan transformasi gen yang dimediasi *Agrobacterium*. Untuk studi mikropropagasi *in vitro*, peneliti dapat menyelidiki efek faktor-faktor yang berpengaruh (*input*), seperti kombinasi komponen media kultur, kombinasi dan konsentrasi zat pengatur tumbuh (ZPT), dan interaksi genotipe tanaman  $\times$  media kultur  $\times$  ZPT  $\times$  jenis eksplan  $\times$  umur eksplan  $\times$  zat aditif elisitor  $\times$  jenis dan konsentrasi sumber karbohidrat  $\times$  dan seterusnya, terhadap efisiensi regenerasi (*output*) tanaman yang diinginkan [2][32][116].

Teknik statistik klasik telah digunakan untuk menganalisis dan menginterpretasikan hasil studi pemuliaan tanaman klasik dan berbasis *in vitro*. Teknik analisis ini terutama didasarkan pada varians dan model regresi linier untuk menilai hubungan variabel dan memprediksi efek variabel independen terhadap variabel dependen. Satu model regresi diperlukan untuk menilai efek sekelompok variabel independen ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ) terhadap satu variabel dependen ( $Y$ ), menurut beberapa hubungan linier [119]. Namun, sifat nonlinier dan nondeterministik terkait erat dengan sistem biologi tanaman [120]. Oleh karena itu, meskipun aplikasinya berhasil, model berbasis regresi linier klasik tidak dapat menginterpretasikan hubungan yang sangat nonlinier dan kompleks antara variabel dependen dan dependen. Sebagian besar pendekatan pemuliaan tanaman ini adalah "variabel independen ganda versus variabel dependen ganda." Dalam kondisi ini, satu model regresi diperlukan untuk setiap keluaran [121]. Alat penambangan data yang canggih digunakan dalam studi pemuliaan tanaman untuk memprediksi dan menjelaskan data yang kompleks.

Statistik univariat dan multivariat klasik merupakan metode yang paling umum digunakan untuk analisis data dalam studi pemuliaan tanaman dan bioteknologi. Evaluasi keragaman genetik, klasifikasi genotipe tanaman, analisis komponen hasil, analisis stabilitas hasil, penilaian stres biotik dan abiotik, prediksi kombinasi tetua dalam program pemuliaan hibrida, dan analisis eksperimen bioteknologi berbasis *in vitro* sebagian besar dilakukan dengan metode statistik klasik. Meskipun aplikasinya berhasil, metode statistik klasik ini memiliki efisiensi yang rendah dalam menganalisis data yang diperoleh dari studi tanaman, karena genotipe, lingkungan, dan interaksinya ( $G \times E$ ) menghasilkan sifat karakteristik tanaman yang nondeterministik dan nonlinier [119][120][121].

Pembelajaran Mesin merupakan sub-bidang kecerdasan buatan yang berkaitan dengan pengembangan dan studi algoritma statistik yang dirancang untuk dapat belajar secara mandiri dari data, kemudian menggunakan pembelajaran tersebut untuk menggeneralisasi dan menangani data baru yang belum pernah ditemui sebelumnya, sehingga sistem Pembelajaran Mesin dapat menjalankan tugas-tugas tertentu tanpa memerlukan instruksi eksplisit yang terprogram sebelumnya

Aliran data skala besar, termasuk fenomik, metabolomik, genomik, dan data besar, harus dianalisis untuk interpretasi hasil yang dipengaruhi oleh  $G \times E$  secara efisien. Teknik Pembelajaran Mesin (*machine learning*) nonparametrik nonlinier lebih efisien daripada model statistik klasik dalam menangani sejumlah besar informasi yang kompleks dan nondeterministik dengan sifat "banyak variabel independen versus banyak variabel dependen". *Neural networks*, regresi kuadrat terkecil parsial, random forest, dan mesin vektor pendukung adalah beberapa model pembelajaran mesin yang paling menarik yang telah diterapkan secara luas untuk menganalisis data nonlinier dan kompleks dalam pemuliaan tanaman klasik dan studi bioteknologi berbasis *in vitro* [122].

Kekuatan interpretatif yang tinggi dari algoritma pembelajaran mesin telah membuatnya populer dalam analisis karakteristik multifaktorial kompleks tanaman. Klasifikasi berbagai genotipe tanaman dengan penanda morfologi dan molekuler,

pemodelan dan prediksi karakteristik kuantitatif penting tanaman, interpretasi hubungan kompleks dan nonlinier karakteristik tanaman, dan prediksi dan pengoptimalan metode pemuliaan *in vitro* adalah contoh aplikasi pembelajaran mesin dalam pemuliaan tanaman konvensional dan studi bioteknologi berbasis *in vitro* [122]. Pertanian presisi dimungkinkan melalui pengukuran karakteristik tanaman yang akurat menggunakan teknik pencitraan dan kemudian analisis yang efisien dari data yang diekstraksi yang andal dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin.

Pembelajaran mesin telah diterapkan secara luas dalam studi pemuliaan tanaman klasik dan berbasis *in vitro* untuk menafsirkan aliran informasi tentang tanaman dari urutan DNA ke fenotipe yang diamati. Ada tiga cara untuk mengklasifikasikan metode pembelajaran mesin, termasuk *supervised and supervised model*, algoritma linier dan nonlinier, dan model pembelajaran dangkal dan dalam (*shallow and deep learning models*). *Artificial neural networks* (ANNs), *deep neural networks* (DNNs), *convolutional neural networks* (CNNs), *random forest* (RF), and *support vector machines* (SVMs) adalah contoh algoritma pembelajaran mesin nonlinier nonparametrik, yang diterapkan untuk memproses data nonlinier dalam studi tanaman [123].

Sebagian besar metode statistik klasik hanya menggunakan statistik sederhana dan beberapa faktor yang berpengaruh untuk menilai ciri-ciri biologis tanaman. Misalnya,  $Y_p$  dan  $Y_s$  adalah satu-satunya indeks yang digunakan untuk mengidentifikasi genotipe tanaman yang toleran terhadap kekeringan dalam metode penilaian toleransi kekeringan berbasis hasil. Namun, ada faktor-faktor berpengaruh lainnya, seperti jalur seluler, fisiologis, dan fitokimia, yang terlibat dalam respons tanaman terhadap stres lingkungan. Toleransi berbagai spesies tanaman terhadap stres biotik dan abiotik, sebagai proses biologis yang kompleks, dapat ditingkatkan secara efisien melalui analisis data fenomik, metabolomik, dan genomik dalam skala besar. Model pembelajaran mesin mampu memproses sejumlah besar data (data pencitraan dan penginderaan jarak jauh) untuk fenotipe stres berthroughput tinggi. Analisis berbagai omik dan data fenomik dapat menghasilkan interpretasi GEI dan stabilitas hasil yang lebih tepat [124].

Karakteristik kualitatif dan kuantitatif tanaman dapat diprediksi lebih tepat melalui analisis data iklim (suhu, kelembaban, sinar matahari, curah hujan, dll.), faktor tanah, data operasi pertanian (tanggal panen, informasi tentang penyakit, status tanaman, suhu tanah, dll.), data topografi, dan meteorologi. Analisis data besar memungkinkan klasifikasi fenotipe dan genotipe tanaman yang lebih efisien. Teknik pembelajaran mesin mampu mengelola sejumlah besar data di berbagai bidang pemuliaan tanaman, yang dapat menghasilkan hasil yang lebih akurat dan interoperasi yang lebih baik daripada metode statistik klasik. *Artificial neural network* dapat digunakan untuk pengenalan pola, regresi nonlinier, dan tujuan klasifikasi dalam studi kultur jaringan tanaman karena dapat menangani kumpulan data biner, kontinu, kategoris, dan fuzzy [123][124].

### **3.10. Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK)**

TIK memfasilitasi komunikasi antara peneliti, petani, dan pengambil keputusan. Platform digital memungkinkan berbagi hasil penelitian, praktik terbaik, dan inovasi dengan lebih cepat dan efisien. Aplikasi berbasis web dan perangkat mobile memungkinkan petani untuk mengakses informasi tentang varietas tanaman, teknik pertanian yang optimal, dan tips untuk meningkatkan hasil panen.

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) adalah berbagai alat dan teknologi yang digunakan untuk memproses, menyimpan, dan mendistribusikan informasi. Dalam konteks pemuliaan tanaman, TIK merujuk pada penggunaan perangkat lunak, perangkat keras, dan sistem komunikasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam penelitian dan pengembangan varietas tanaman baru. TIK berperan penting dalam pemuliaan tanaman dengan menyediakan alat untuk analisis data, simulasi, dan komunikasi antar peneliti. Penggunaan TIK memungkinkan pemulia tanaman untuk mengakses informasi terkini, berkolaborasi dengan peneliti lain di seluruh dunia, dan menerapkan metode modern dalam penelitian mereka [125].

TIK dalam kajian pemuliaan tanaman dapat dilakukan untuk beberapa kegunaan [126], yaitu

- (a) Pengumpulan Data; TIK mempermudah pengumpulan data melalui perangkat sensor, drone, dan aplikasi mobile.
- (b) Analisis Genetik; *software* bioinformatika memungkinkan analisis genetik yang lebih cepat dan akurat.
- (c) Simulasi; TIK memungkinkan simulasi pertumbuhan tanaman untuk memprediksi hasil pemuliaan.
- (d) Kolaborasi; memudahkan komunikasi dan kolaborasi antar peneliti, institusi, dan petani.
- (e) Penyimpanan Data; penggunaan cloud storage untuk menyimpan dan mengakses data secara efisien.

Adapun tahapan kegiatan pemuliaan tanaman dengan menggunakan pendekatan TIK dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Identifikasi Tujuan Pemuliaan. Tahap awal dalam pemuliaan tanaman adalah menetapkan tujuan spesifik, seperti meningkatkan ketahanan terhadap hama, kualitas hasil, atau produktivitas. TIK dapat membantu dalam menganalisis tren pasar dan kebutuhan petani melalui analisis data [127].
- b. Pengumpulan Data Genetik. Data genetik dari varietas yang ada harus dikumpulkan, baik melalui pengujian lapangan maupun data yang tersedia dalam basis data genom. TIK memungkinkan akses mudah ke database genetik, memfasilitasi analisis dan perbandingan [128].
- c. Analisis Genetik dan Pemodelan. Pada tahap ini, analisis data genetik dilakukan menggunakan perangkat lunak pemodelan. TIK digunakan untuk menjalankan simulasi dan prediksi berdasarkan data yang dikumpulkan [129].
- d. Pengujian dan Seleksi Varietas. Setelah menghasilkan kombinasi genetik yang diinginkan, varietas baru harus diuji di lapangan. TIK dapat digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data hasil uji coba secara real-time, memfasilitasi seleksi varietas yang lebih baik [130].
- e. Penyebaran dan Pemasaran Varietas. Setelah varietas baru terpilih, tahap selanjutnya adalah penyebaran informasi dan pemasaran. TIK, termasuk media sosial dan platform digital,

digunakan untuk mengedukasi petani dan pemangku kepentingan mengenai manfaat varietas baru [131] [132].

- f. Evaluasi dan Umpan Balik. Setelah varietas baru diimplementasikan, penting untuk mengevaluasi kinerjanya dan mendapatkan umpan balik dari petani. TIK memungkinkan pengumpulan data umpan balik secara efisien, yang dapat digunakan untuk perbaikan lebih lanjut dalam program pemuliaan [30][131].

Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam pemuliaan tanaman mencakup berbagai pendekatan yang memanfaatkan alat digital untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengembangan varietas baru. Berikut adalah beberapa metode yang umum digunakan:

- a. Penggunaan *Big Data* dan Analisis Genom. Pemanfaatan *Big Data* dalam pemuliaan tanaman memungkinkan pengumpulan dan analisis informasi genetik yang besar. Teknologi genomik dapat menganalisis data genetik dari berbagai varietas tanaman untuk mengidentifikasi gen yang berkontribusi pada sifat-sifat unggul yang diinginkan [133].
- b. Modeling dan Simulasi. Modeling dan simulasi molekuler membantu dalam memahami interaksi genetik dan lingkungan. Pendekatan modeling dan simulasi ini sangat membantu pemulia tanaman dalam memprediksi hasil dari berbagai kombinasi genetik, menghemat waktu dan sumber daya [129].
- c. Platform Pembelajaran Daring dan *E-Learning*. Platform *e-learning* dan sumber daya digital lainnya dapat digunakan untuk melatih pemulia tanaman baru, meningkatkan pengetahuan tentang teknik pemuliaan, dan berbagi praktik terbaik [129].
- d. Sistem Informasi Geografis (SIG). Sistem informasi geografis dapat digunakan untuk memetakan dan menganalisis variasi genetik di berbagai lokasi geografis. Ini membantu dalam mengidentifikasi lokasi yang paling sesuai untuk varietas tertentu [130].
- e. Komunikasi dan Kolaborasi Melalui Media Sosial dan Jaringan. Media sosial dan platform kolaboratif memungkinkan pemulia

tanaman untuk berbagi hasil penelitian, ide, dan data secara real-time, mempercepat proses inovasi [131].

Perangkat alat TIK yang selalu digunakan untuk kegiatan tujuan pemuliaan tanaman sebagai berikut

- (a) *Software* Bioinformatika: Seperti PLINK, GATK untuk analisis genetik.
- (b) Sistem Informasi Geografis (SIG): Untuk analisis dan pemetaan lokasi.
- (c) Aplikasi *Mobile*: Untuk pengumpulan data lapangan.
- (d) Drone dan Sensor: Untuk pemantauan tanaman dan pengumpulan data agronomis.

[125].

Salah satu penelitian yang relevan adalah proyek pengembangan varietas padi menggunakan pendekatan genetik dan bioinformatika. Penelitian ini melibatkan pemetaan genetik menggunakan data genom yang dikumpulkan dan dianalisis dengan software bioinformatika. Para peneliti juga menggunakan drone untuk memantau pertumbuhan tanaman dan mengumpulkan data agronomis secara real-time.

Penggunaan Bioinformatika untuk Pemuliaan Genetik dapat juga sebagai contoh aplikasi TIK dalam bidang pemuliaan tanaman. Peneliti menggunakan perangkat lunak bioinformatika untuk menganalisis data genetik dari berbagai varietas tanaman. Dengan memanfaatkan alat seperti *Genome Analysis Toolkit* (GATK), peneliti dapat mengidentifikasi gen yang berkontribusi terhadap sifat-sifat yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap hama atau peningkatan hasil. Kegiatan-kegiatannya meliputi pengumpulan data genom dari berbagai varietas, Analisis SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) untuk menemukan gen yang berhubungan dengan sifat tertentu, mengembangkan peta genetik yang memetakan hubungan antar gen [121][125][126]. Kegiatan ini akan mempercepat dan meningkatkan efektivitas proses pemuliaan tanaman, yang pada akhirnya dapat menghasilkan varietas baru yang lebih unggul dan tahan terhadap berbagai tantangan lingkungan.

Pemantauan pertumbuhan tanaman menggunakan drone dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan tanaman di lapangan. Data yang dikumpulkan meliputi gambar multispektral yang memberikan informasi tentang kesehatan tanaman dan tingkat kematangan. Penggunaan drone dilakukan untuk mengambil gambar dari lahan percobaan secara berkala. Mengolah data gambar dengan perangkat lunak pemrosesan citra untuk menganalisis kesehatan tanaman. Selanjutnya, menggunakan hasil analisis untuk memperbaiki strategi pemuliaan, seperti pemilihan tanaman yang lebih adaptif [133]. Implementasi TIK lainnya yang terkait dengan petani, seperti pengembangan aplikasi mobile yang memungkinkan petani dan peneliti untuk mengumpulkan dan berbagi data terkait pertumbuhan tanaman, serangan hama, dan kondisi lingkungan. Kegiatannya dapat berupa merancang aplikasi yang user-friendly untuk digunakan di lapangan, melatih petani dan peneliti dalam penggunaan aplikasi untuk pengumpulan data, mengumpulkan dan menganalisis data secara real-time untuk mendukung keputusan pemuliaan [134]. Kita dapat melihat bagaimana TIK berkontribusi secara signifikan dalam penelitian bioteknologi dan pemuliaan tanaman, meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kolaborasi di lapangan.

## **Kesimpulan**

Pemanfaatan teknologi digital dalam bioteknologi untuk pemuliaan tanaman telah membawa revolusi dalam cara peneliti dan pemulia beroperasi. Teknologi digital, termasuk didalamnya bioinformatika, aplikasi *mobile*, dan analisis data besar, memungkinkan pengumpulan, analisis, dan pengelolaan data secara efisien. Pemulia tanaman dapat dengan cepat mengidentifikasi gen yang terkait dengan sifat unggul, seperti ketahanan terhadap hama/penyakit dan cekaman lingkungan (abiotik) dengan menggunakan perangkat teknologi digital seperti perangkat lunak untuk analisis genetik dan pemetaan. Selain itu, penggunaan drone dan sensor untuk pemantauan lapangan memberikan wawasan real-time tentang kesehatan tanaman, mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik. Teknik-teknik seperti CRISPR mempercepat proses modifikasi genetik,

memungkinkan pengembangan varietas unggul dengan lebih akurat dan cepat.

Keseluruhan integrasi teknologi digital ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses pemuliaan tetapi juga memperluas akses pengetahuan dan kolaborasi di antara peneliti dan global. Teknologi digital memainkan peranan krusial dalam menciptakan varietas tanaman yang lebih adaptif dan produktif. Hal ini sangat penting dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan di masa depan. Pemanfaatan teknologi digital dalam bioteknologi tanaman menawarkan peluang besar untuk meningkatkan produktivitas pertanian, mengatasi tantangan lingkungan, dan memenuhi kebutuhan pangan global. Perkembangan teknologi digital yang begitu cepat diharapkan akan lebih banyak inovasi yang memperkuat ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik dan biotik, meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil, dan mendukung keberlanjutan pertanian di masa depan. Penggunaan teknologi digital sangat membantu pencapaian tujuan pemuliaan tanaman dapat dilakukan dengan lebih efisien dan akurat. Pendekatan ini tidak hanya mempercepat pengembangan varietas baru, tetapi juga meningkatkan kolaborasi dan pembelajaran di kalangan peneliti dan praktisi di bidang pertanian.

## Referensi

- [1] Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). "The State of Food and Agriculture 2020." FAO.
- [2] Kareem, I. A., & Adebayo, A. O. (2022). "Role of Plant Breeding in Enhancing Crop Resilience to Climate Change." *Agricultural Sciences*, 13(2), 43-56. doi:10.4236/as.2022.132004.
- [3] Husaini, A. M., et al. (2013). "Plant Tissue Culture: A Tool for the Production of Quality Planting Material." *Journal of Agricultural Science*.
- [4] Bock, R., et al. (2016). "Engineering plastid genomes: Methods and applications." *Nature Biotechnology*.
- [5] Varshney, R. K., et al. (2015). "Genomic intervention in crop improvement: current status and future prospects." *Nature Biotechnology*.

- [6] Pingali, P. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12302-12308.
- [7] Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability*, 7(2), 229-252.
- [8] Bouis, H. E., & Saltzman, A. (2017). Improving nutrition through biofortification: a review of the evidence. *Nutrients*, 9(2), 1-14.
- [9] Morris, M. L., & Wiggins, S. (2010). The impact of agricultural research on smallholder agriculture in developing countries. *World Development*, 38(8), 1169-1176.
- [10] Glover, D. (2010). The role of biotechnology in the development of crops. *Global Environmental Change*, 20(2), 119-128.
- [11] Hawkesford, M. J., & Jia, Q. (2019). "Biotechnological approaches to enhancing food security." *Nature Biotechnology*, 37(4), 432-440. doi:10.1038/s41587-019-0102-3.
- [12] Friedman, J., Middleton, T.E. and Rubin, M.J. (2019), Environmental heterogeneity generates intrapopulation variation in life-history traits in an annual plant. *New Phytol*, 224: 1171-1183. <https://doi.org/10.1111/nph.16099>.
- [13] Li, X., & Wang, J. (2021). "Digital Agriculture: A Revolution in Crop Breeding." *Frontiers in Plant Science*, 12, 1234. doi:10.3389/fpls.2021.01234.
- [14] Wang, X., et al. (2018). "Digital Technologies in Plant Breeding: Current Status and Future Perspectives." *Frontiers in Plant Science*.
- [15] Nielsen, J., & Keasling, J. D. (2016). Engineering cellular metabolism. *Current Opinion in Biotechnology*, 42, 8-12.
- [16] Zhang, Y., et al. (2020). Applications and implications of CRISPR-Cas9 in plants. *Nature Biotechnology*, 38, 702-710.
- [17] Upadhyaya, H.D., S. Sharma, K.N. Reddy, S.K. Singh, S. Singh, R.K. Varshney, and C.L.L. Gowda. 2013. Utilization of cultivated and wild germplasm in crop improvement. 3rd International Symposium on Genomics of Plant Genetic Resources, Jeju, Korea, 16–19 April, 2013. p. 18.

- [18] Dhanapal AP. (2012) Genomics of crop plant genetic resources. *Adv Biosci Biotechnol.* 3:378-385.
- [19] Van K, Rastogi K, Kim K-H, and Lee S-H. 2013. Next-generation sequencing technology for crop improvement. *SABRAO J Breed Genet.* 45:84-99.
- [20] Metzker M. 2010. Sequencing technologies—The next generation. *Nat Rev Genet.* 11:31-46. doi:10.1038/nrg2626.
- [21a] Franca LTC, Carrilho E, Kist TBL. 2002. A review of DNA sequencing techniques. *Quaterly Rev Biophys.* 35:169-200.
- [21b] Sanger F, Nicklen S, Coulson AR. 1997. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc Nat Acad Sci. U.S.A.* 74:5463-5467. doi:10.1073/pnas.74.12.5463.
- [22] Shendure, J., & Ji, H. 2008. Next-generation DNA sequencing. *Nature Biotechnology,* 26(10), 1135-1145.
- [23] Varshney RK, Nayak SN, May GD, Jackson SA. 2009. Nextgeneration sequencing technologies and their implications for crop genetics and breeding. *Trends Biotechnol.* 9:522-530.
- [24a] Ding, Q. et al. (2013). A TALEN genome-editing system for generating human stem cell-based disease models. *Cell Stem Cell* 12, 238–251 .
- [24b] Wood, A.J. et al. (2011). Targeted genome editing across species using ZFNs and TALENs. *Science* 333, 307.
- [24c] Sanjana, N.E. et al. A transcription activator-like effector toolbox for genome engineering. *Nat. Protoc.* 7, 171–192 (2012).
- [25] Cho, S.W., Kim, S., Kim, J.M. & Kim, J.S. Targeted genome engineering in human cells with the Cas9 RNA-guided endonuclease. *Nat. Biotechnol.* 31, 230–232 (2013).
- [26] Gasiunas, G., Barrangou, R., Horvath, P. & Siksnys, V. Cas9-crRNA ribonucleoprotein complex mediates specific DNA cleavage for adaptive immunity in bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109, E2579–E2586 (2012).
- [27] Hu, Y., et al. (2018). "CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of OsDREB2B improves drought tolerance in rice." *Scientific Reports.*

- [28a] Liang, Y., Biswas, S., Kim, B., Bailey-Serres, J., & Septiningsih, E. M. (2021). Improved Transformation and Regeneration of Indica Rice: Disruption of SUB1A as a Test Case via CRISPR-Cas9. *International journal of molecular sciences*, 22(13), 6989. <https://doi.org/10.3390/ijms22136989>.
- [28b] Xu, K., Xu, X., Fukao, T., Canlas, P., Maghirang-Rodriguez, R., Heuer, S., Ismail, A. M., Bailey-Serres, J., Ronald, P. C., & Mackill, D. J. (2006). Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. *Nature*, 442(7103), 705–708. <https://doi.org/10.1038/nature04920>.
- [29] Takasaki, H., et al. (2020). "Development of drought-resistant rice through CRISPR/Cas9-mediated editing of OsNAC10." *Nature Biotechnology*.
- [30] Rao, S. K., & Mohan, M. (2020). Recent advances in molecular simulation and its applications in crop improvement. *Plant Biotechnology Journal*, 18(3), 569-586.
- [31] Jones et al. (2003). "The Role of Information Technology in Agricultural Research". *Agricultural Systems*.
- [32] Huang, et al. (2015). "Genomic Selection in Plant Breeding: From Theory to Practice". *Nature Reviews Genetics*".
- [33] Rebolledo et al. (2018). "Modeling plant growth and development". *Plant Physiology*.
- [34] Baker, N. R., & Oxborough, K. (2004). "The Use of Dynamic Simulation in Plant Molecular Biology". *Journal of Experimental Botany*.
- [35] Duan, Y., et al. (2014). "Molecular Dynamics Simulations in Plant Research". *Molecular Plant*.
- [36] Adams, P. D. et al. (2010). "Advances in Molecular Modeling of Plant Interactions". *Annual Review of Plant Biology*.
- [37] He, Y., et al. (2019). "Current status and future perspectives of plant molecular simulation". *Plant Cell Reports*.
- [38] Allen, M.P., & Tildesley, D.J. (1987). *Computer Simulation of Liquids*. Oxford University Press).
- [39] Liu, X., et al. (2017). "Molecular Dynamics Simulations: Applications in Plant Research." *Frontiers in Plant Science*, 8, 1214.

- [40] Haile, J.M. (1992). *Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods*. Wiley.
- [41] Izvekov, S., & Voth, G.A. (2005). "Multiscale coarse graining of biomolecular systems: I. Methodology." *The Journal of Chemical Physics*, 123(17), 174106.
- [42] Van Der Spoel, D., et al. (2005). "GROMACS: fast, flexible, and free." *Journal of Computational Chemistry*, 26(16), 1701-1718.
- [43] Zhang, L., et al. (2020). Molecular Dynamics Simulations Reveal Insights into Plant Secondary Metabolite Biosynthesis. *Molecules*, 25(5), 1122.
- [44] Aebersold, R., & Mann, M. (2016). Mass-spectrometric exploration of proteome structure and function. *Nature*, 537(7619), 347-355.
- [45] González, A., et al. (2021). "Optimization of Plant Breeding Programs Using Artificial Intelligence." *Theoretical and Applied Genetics*.
- [46] Gentleman, R. C., et al. (2004). Bioconductor: open software development for computational biology and bioinformatics. *Genome Biology*, 5(10), R80.
- [47] Chen, J., et al. (2018). Transcriptomic analysis of rice (*Oryza sativa*) during the interaction with *Magnaporthe oryzae*. *Molecular Plant Pathology*, 19(1), 194-206.
- [48] Jensen, J. R. (2007). "Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective." Prentice Hall.
- [49] Pettorelli, N., et al. (2014). "Satellite remote sensing for applied ecologists: how to use the tool". *Ecology and Evolution*, 4(13), 2337-2351.
- [50] Turner, W., et al. (2015). "Free and open-access satellite data are key to biodiversity conservation." *Nature Ecology & Evolution*, 1, 1-5.
- [51] Cohen, W. B., & Goward, S. N. (2004). "Landsat's Role in Ecological Applications of Remote Sensing." *Ecological Applications*, 14(6), 1805-1817.
- [52] Mulla, D. J. (2013). "Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: a retrospective and a prospective." *Precision Agriculture*, 14(2), 177-197.

- [53a] Anderson, K., & Gaston, K. J. (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(3), 138-146.
- [53b] Ramcharan, M., et al. (2021). "Mapping maize varieties using remote sensing and geospatial analysis". *Agricultural Systems*, 189, 103071.
- [54] Kumar, L., & Jain, S. K. 2014. "Remote Sensing Applications in Agriculture: A Review." *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(8), 973-983.
- [55] Cui, Z., et al. (2017). "Monitoring crop growth and yield estimation using UAV-based remote sensing technology." *Remote Sensing*, 9(6), 584.
- [56] Pettorelli, N., et al. (2014). "The need for applied ecological monitoring." *Trends in Ecology & Evolution*, 29(7), 367-373.
- [57] Gunturi, R., et al. (2020). "Utilization of satellite remote sensing to monitor water stress in rice cultivation". *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 100351.
- [58] Steduto, P., et al. (2012). "AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water." *FAO Water Reports*.
- [59] Zarco-Tejada, P. J., et al. (2018). "Early detection of plant stress through hyperspectral imaging and machine learning". *Remote Sensing of Environment*, 216, 1-11.
- [60] Fiorani, F., Rascher, U., Jahnke, S. et al. 2012. Imaging plants dynamics in heterogenic environments. *Curr Opin Biotechnol*, 23, 227, 35.
- [61] Pallotta, M., Schnurbusch, T., Hayes, J., Hay, A., Baumann, U., Paull, J., et al. 2014. Molecular basis of adaptation to high soil boron in wheat landraces and elite cultivars. *Nature* 51, 88–91. doi:10.1038/nature13538.
- [62] Valluru, R., Reynolds, M. P., and Salse, J. 2014. Genetic and molecular bases of yield-associated traits: a translational biology approach between rice and wheat. *Theor. Appl. Genet.* 127, 1463–1489. doi: 10.1007/s00122-014-2332-9
- [63] Furbank, R. T., and Tester, M. 2011. Phenomics-technologies to relieve the phenotyping bottleneck. *Trends Plant Sci.* 16, 635–644. doi: 10.1016/j.tplants.2011.09.005

- [64] Rahaman, M.M., Chen, D., Gillani, Z., Klukas, C., and Chen. M. 2015. Advanced phenotyping and phenotype data analysis for the study of plant growth and development. *Front. Plant Sci.* 6:619. doi: 10.3389/fpls.2015.00619
- [65] Chen, D., Neumann, K., Friedel, S., Kilian, B., Chen, M., Altmann, T., et al. 2014. Dissecting the phenotypic components of crop plant growth and drought responses based on high-throughput image analysis. *Plant Cell* 26, 4636– 4655. doi: 10.1105/tpc.114.129601.
- [66] Perez-Sans, F., Navarro, P.J., Egea-Cortinez, M. 2017. Plant phenomics: an overview of image acquisition technologies and image data analysis algorithms. *GigaScience*, 6, 1-18. doi: 10.1093/gigascience/gix092
- [67] Yu, C., Nie, K., Xu, J. et al. 2016. A low power digital accumulation technique for digital-domain CMOS TDI image sensor. *Sensors*, 16, 1572.
- [68] Lee, U.S., Chang, S.Y., Putra, G.A., Kim, H.S., Kim, D.H. 2018. An automated, highthroughput plant phenotyping system using machine learning-based plant segmentation and image analysis. *PloS one*, 13, 4, e0196615.
- [69] Brown, M.Z., Burschka, D., Hager, G.D. 2003. Advances in computational stereo. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, 25, 993–1008.
- [70] Nguyen, T.T., Slaughter, D.C., Maloof, J.N. et al. 2016. Plant phenotyping using multi-view stereo vision with structured lights. In: Valasek J, Thomasson JA, eds. *International Society for Optics and Photonics*.
- [71] Ferrato, L.J. 2012. Comparing hyperspectral and multispectral imagery for land classification of the lower donriver, Toronto. MSc Thesis. Ryerson University. Available at: <http://www.geography.ryerson.ca/wayne/MSA/LisaJenFerratoMRP2012.pdf>
- [72] Cubert, S. 2017. 137 - ButterfIEYE NIR - Cubert-GmbH. Available at: <http://cubert-gmbh.com/product/s-137-butterfleye-nir/>.

- [73] Kise, M., Park, B., Heitschmidt, G.W. et al. 2010. Multispectral imaging system with interchangeable filter design. *Comput Electron Agric*, 72, 61, 8.
- [74] Klose, R., Penlington, J. 2009. Usability study of 3D time-of-flight cameras for automatic plant phenotyping. Bornimer. Available at: <https://www.hsosnabrueeck.de/fileadmin/HSOS/Homepages/COALA/Veroeffentlichungen/2009-CBA-3DToF.pdf>.
- [75] Song, Y., Glasbey, C.A., van der Heijden, G.W.A.M. et al. 2011. Combining Stereo and Time-of-Flight Images with Application to Automatic Plant Phenotyping. Berlin: Springer, 467, 78.
- [76] Gwenzi, D., Helmer, E., Zhu, X. et al. 2017. Predictions of tropical forest biomass and biomass growth based on stand height or canopy area are improved by Landsat-scale phenology across Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. *Remote Sens*, 9, 123.
- [77] Kellndorfer, J.M., Walker, W.S., LaPoint, E. et al. 2010. Statistical fusion of lidar, InSAR, and optical remote sensing data for forest stand height characterization: a regional-scale method based on LVIS, SRTM, Landsat ETM+, and ancillary data sets. *J Geophys Res Biogeosciences*, 115.
- [78] Lin, Y. 2015. LiDAR: An important tool for nextgeneration phenotyping technology of high potential for plant phenomics? *Comput Electron Agric*, 119, 61–73.
- [79] Padhi, J., Misra, R.K., Payero, J.O. 2012. Estimation of soil water deficit in an irrigated cotton field with infrared thermography. *F Crop Res*, 126, 45– 55.
- [80] Mallona, I., Egea-Cortines, M., Weiss, J. 2011. Conserved and divergent rhythms of CAM-related and core clock gene expression in the cactus *Opuntia ficusindica*. *Plant Physiol*, 156, 1978–89.
- [81] Sheehan, H., Moser, M., Klahre, U., et al. 2015. MYB-FL controls gain and loss of floral UV absorbance, a key trait affecting pollinator preference and reproductive isolation. *Nat Genet*. Available at: <http://www.nature.com/doi/10.1038/ng.3462>.

- [82] Chapple, C.C., Vogt, T., Ellis, B.E. et al. 1992. An Arabidopsis mutant defective in the general phenylpropanoid pathway. *Plant Cell*, 4, 1413, 24.
- [83] Pérez-Bueno, M.L., Pineda, M., Cabeza, F.M. et al. 2016. Multicolor fluorescence imaging as a candidate for disease detection in plant phenotyping. *Front Plant Sci*, 7, 1790.
- [84] Ghosh, A., & Basak, J. (2020). Transcriptional profiling of *Glycine max* reveals candidate genes involved in resistance to soybean rust. *Molecular Genetics and Genomics*, 295(1), 1-16.
- [85] Love, M. I., Huber, W., & Anders, S. (2014). Moderated estimation of fold change and dispersion for RNA-seq data with DESeq2. *Genome Biology*, 15(12), 550.
- [86] Heywood, I., & Cornelius, S. (2006). *An Introduction to Geographical Information Systems*. Prentice Hall.
- [87] Wang, H., & Li, S. (2013). Application of GIS in Plant Breeding and Cultivation. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 7(2), 47-58.
- [88] Anselin, L. (1995). "Local Indicators of Spatial Association—LISA." *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115.
- [89] Mather, P. M. (2010). *Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction*. Wiley.
- [90] Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographical Information Science and Systems*. Wiley.
- [91] Akinwumi, I. O., & Zubair, A. A. (2016). "Spatial Modeling of Crop Yield Response to Climate Change." *Journal of Agricultural Science*, 8(10), 1-11.
- [92] ESRI. (2020). *ArcGIS Desktop: Documentation*.
- [93] QGIS Development Team. (2020). *QGIS User Guide*.
- [94] Buyya, R. and Broberg, J. and Goscinski, A.M. 2010. *Cloud Computing: Principles and Paradigms*. Wiley Series on Parallel and Distributed Computing. ISBN. 9781118002209. Wiley Publisher.
- [95] Laney, D. 2001. "3D Data Management: Controlling DataVolume, Velocity, and Variety", Gartner, file No.949. 6 February 2001, <http://blogs.gartner.com/doug->

laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf

- [96] Hazen, B.T., Boone, C., Jones-Farmer, L.A. and Ezell, J. 2014. Data Quality for Data Science, Predictive Analytics, and Big Data in Supply Chain Management: An Introduction to the Problem and Suggestions for Research and Applications. International Journal of Production Economics. Doi. 10.1016/j.ijpe.2014.04.018.
- [97] Mell, P. and Grance, T. (2011) The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology Special Publication, 53, 1-7.
- [98] Baker, M.P., Bergstresser, D., Serafeim, G., Wurgler, J.A. 2018. Financing the Response to Climate Change: The Pricing and Ownership of U.S. Green Bonds (October 12, 2018). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3275327> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3275327>.
- [99] Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. AI Magazine, 17(3), 37. <https://doi.org/10.1609/aimag.v17i3.1230>.
- [100] Jordan, M. I. and Mitchell, T. M. 2015. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science 349, 255. DOI: 10.1126/science.aaa8415.
- [101] Hastie, T. , Tibshirani, R., Friedman J. 2009. The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction, Second Edition. Springer Series in Statistics. Springer New York, NY. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>.
- [102] White, T. (2015). Hadoop: The Definitive Guide. O'Reilly Media.
- [103] Zaharia et al. (2016). Spark: The Definitive Guide. O'Reilly Media.
- [104] Google Cloud. (2021). Google Cloud Documentation.
- [105] Microsoft. (2021). Azure Documentation.
- [106] Wickham, H. (2016). R for Data Science. O'Reilly Media.
- [107] VanderPlas, J. (2016). Python Data Science Handbook. O'Reilly Media.

- [108] Xu, Y. et al. (2017). "Genomic prediction of grain yield in rice." *Nature Genetics*, 49(4), 672-679.
- [109] Bansal, K. C., et al. (2018). "Genomic Selection in Maize: New Approaches and Applications." *Plant Breeding Reviews*, 42, 95-124.
- [110] Zhou, Y., et al. (2020). "Genome-Wide Association Study of Disease Resistance in Maize." *Nature Communications*, 11(1), 2381.
- [111] Chen, H., et al. (2019). "Applications of Artificial Intelligence in Plant Breeding: A Review." *Frontiers in Plant Science*.
- [112] Jiang, J., et al. (2020). "Machine Learning for Plant Breeding: A Review." *Crop Science*.
- [113] Mishra, A., et al. (2020). "Artificial Intelligence in Agriculture: Current Trends and Future Prospects." *Artificial Intelligence Review*, 53(1), 185-222.
- [114] Zhang, Y., et al. (2021). "Deep Learning in Plant Breeding." *Plant Biotechnology Journal*.
- [115] Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley.
- [116] Rogers, J., et al. (2020). "Plant Breeding Tools: Integrating AI into Plant Breeding." *Nature Plants*.
- [117] Kumar, A., et al. 2021. "Predictive Modeling of Maize Yield Using Machine Learning Techniques." *Agronomy Journal*.
- [118a] Zhang, Y., et al. (2022). "Integrating Artificial Intelligence and Biotechnological Approaches for Enhancing Drought Resistance in Rice." *Plant Biotechnology Journal*.
- [118b] Zhang, Y., et al. (2017). "Remote Sensing for Precision Agriculture: An Overview." *Sensors*, 17(1), 104.
- [118c] [GenomeStudio documentation: https://www.illumina.com/technology/next-generation-sequencing/genomestudio.html](https://www.illumina.com/technology/next-generation-sequencing/genomestudio.html)
- [118c] Zhang, Z., et al. (2020). Drones in Agriculture: Current Applications and Future Perspectives. *Agricultural Systems*, 183, 102920.
- [118d] [Scikit-learn documentation: https://scikit-learn.org/stable/documentation.html](https://scikit-learn.org/stable/documentation.html)
- [118e] Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). "Deep Learning in Agriculture: A Review." *Sensors*, 18(8), 2637.

- [119] Niazian, M.; Sadat-Noori, S.A.; Abdipour, M. Modeling the seed yield of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) using artificial neural network and multiple linear regression models. *Ind. Crops Prod.* 2018, 117, 224–234.
- [120] Hesami, M.; Naderi, R.; Tohidfar, M.; Yoosefzadeh-Najafabadi, M. 2019. Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System-Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II (ANFIS-NSGAI) for Modeling and Optimizing Somatic Embryogenesis of *Chrysanthemum*. *Front. Plant Sci.*
- [121a] Hesami, M., Naderi, R., Yoosefzadeh-Najafabadi, M., Rahmati, M. 2017. Data-driven modeling in plant tissue culture. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 7, 37–44.
- [121b] Koebner, R.J. 2020. Plant Breeding: A Success Story", *Nature Reviews Genetics*, vol. 21, pp. 4-20, 2020.
- [122] Chen, J., & Ishwaran, H. (2012). "Random Forests for Gene Selection." *Biostatistics*, 13(3), 437-450.
- [123] Kamdar, H. S., et al. (2020). "Artificial Intelligence in Plant Breeding: Challenges and Future Directions." *Plant Science*, 295, 110419.
- [124] Wang, H.; Cimen, E.; Singh, N.; Buckler, E. 2020. Deep learning for plant genomics and crop improvement. *Curr. Opin. Plant Biol.* 54, 34–41.
- [125] Watanabe, H.T.M.S. 2020. Use of ICT in Plant Breeding. *Journal of Agricultural Science*, vol. 12, no. 5.
- [126] Kearsey, B.G.H. 2021. Molecular Techniques in Plant Breeding", *Plant Breeding Reviews*, vol. 21, pp. 67-120, 2021.
- [127] Duvick, D. N. (1997). "Genetic improvement of maize in the 20th century." In *Maize Production in the Midwest*. Iowa State University Press.
- [128] Varshney, R. K., et al. (2016). "Next-generation sequencing technologies for plant genomics." *Nature Reviews Genetics*, 17(3), 164-179.
- [129] Liu, C., & Yu, D. (2019). Simulation and modeling in plant breeding: A modern approach. *Frontiers in Plant Science*, 10, 325.

- [130] Wang, Y., et al. (2017). Computational approaches in plant breeding: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 140, 169-182.
- [131] Ghosh, S., et al. (2017). "Biotechnology and public perception: The role of effective communication." *Trends in Biotechnology*.
- [132] Jiang, J., & Zhang, C. (2022). Digital tools and technologies in plant breeding: Opportunities and challenges. *Trends in Plant Science*, 27(8), 810-822.
- [133] Huang, X., & Han, B. (2014). Natural variation in plant immunity: lessons from the Arabidopsis–Pseudomonas interaction. *Nature Reviews Genetics*, 15(10), 632-645.
- [134] Jones, H.G. (2019). "Mobile Applications for Agricultural Data Collection." *Agricultural Informatics*, 7(1), 45-52.

## Biodata



**Prof. Luthfi Aziz Mahmud Siregar, SP, MSc, PhD.**, dilahirkan di Medan pada tanggal 12 Juli 1973, menjadi Dosen Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara (USU) sejak tahun 2005 hingga sekarang. Beliau lulus Sarjana Pertanian (S1) di Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Islam Sumatera Utara pada tahun 1996; Master of Science dalam bidang Botani (S2) tahun 2000, dan Doctor of Philosophy (S3) tahun 2005 dalam bidang Bioteknologi Kultur Sel Tumbuhan dari Institute Post-Graduate Study, Universitas Sains Malaysia. Beliau pernah bekerja sebagai Asisten Lapangan di perkebunan PT UKINDO (AEP Group) dan Research Officer pada Laboratorium Plant Tissue & Organ Culture Universiti Malaysia, hingga akhirnya menjadi akademisi di Fakultas Pertanian USU. Beberapa artikel beliau terkait teknologi digital dalam bidang pemuliaan tanaman telah dipublikasi, seperti *The protein model of somatic embryogenesis genes of oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) using Phyre2 and Swiss-model*. IOP Conference Series: 2024, 1352(1), 012042; *Mangrove plants using deoxyribonucleic acid barcodes for*

*enhancing biodiversity and conservation*. Global J. Envir. Sci. Manag., 2024, 10(3)1391–1410; *Bioinformatics analyses of embryoid genes in oil palm tissue culture (Elaeis guineensis Jacq.)*, IOP Conference Series: 2022,1115(1), 012034. Lebih dari seratus dua puluh artikel telah dipublikasi pada sejumlah jurnal dan prosiding tingkat internasional dan nasional. Beliau aktif dalam organisasi Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia (PERIPI), Perhimpunan Agroteknologi/Agroekoteknologi Indonesia (PAGI), Perhimpunan Hortikultura Indonesia (PERHORTI), Asosiasi Program Studi Doktor Ilmu Pertanian Indonesia (APDISI). Terlibat secara aktif dalam sejumlah proyek penelitian dan kegiatan pengabdian pada masyarakat, menjadi reviewer untuk jurnal dan konferensi nasional dan internasional, serta menjadi staf ahli di lembaga pemerintah. Beliau pernah menduduki jabatan sebagai Sekretaris Program Studi Pemuliaan Tanaman (2009-2011) dan Sekretaris Program Studi Agroteknologi (2011-2027), Tim Pelaksana Sistem Penjaminan Mutu pada kantor Unit Manajemen Mutu USU (2018-2021), Ketua Program Studi Doktor (S3) Ilmu Pertanian dan Magister (S2) Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.