

BAB II
KAJIAN PUSTAKA
MANAJEMEN TEKNOLOGI PENDIDIKAN UNTUK MENINGKATKAN
KUALITAS PEMBELAJARAN BIOLOGI MOLEKULER BERBASIS
ARTIFICIAL INTELLEGEANCE (AI) DI ERA SOCIETY 5.0

A. Landasan Filosofis

Penelitian ini didasarkan pada pandangan filsafat konstruktivisme, yaitu suatu pendekatan epistemologis yang memandang bahwa pengetahuan bukan sesuatu yang bersifat mutlak dan dapat ditransfer begitu saja dari guru kepada siswa, tetapi merupakan hasil konstruksi aktif dari individu berdasarkan pengalaman, interaksi, dan refleksi terhadap lingkungan sekitarnya. Dalam konteks pembelajaran Biologi Molekuler berbasis teknologi Artificial Intelligence (AI), konstruktivisme menjadi fondasi yang kuat untuk memahami bagaimana mahasiswa membentuk pengetahuannya melalui proses belajar yang bersifat dinamis, mandiri, dan kontekstual.

Filsafat konstruktivisme menempatkan mahasiswa sebagai subjek aktif dalam proses belajar, bukan sekadar objek penerima informasi. Mahasiswa dianggap mampu membangun sendiri makna terhadap konsep-konsep yang dipelajarinya, termasuk dalam bidang Biologi Molekuler yang kompleks. Teknologi AI, dalam hal ini, berperan sebagai sarana pendukung yang memungkinkan mahasiswa menjelajahi materi secara lebih mendalam, visual, dan personal. AI dapat menghadirkan pengalaman belajar yang kaya data, real-time, dan berbasis simulasi yang sejalan dengan cara kerja otak dalam mengkonstruksi pemahaman baru.

Landasan ini secara teoritis diperkuat oleh pemikiran Jean Piaget, yang menyatakan bahwa pembelajaran adalah proses aktif yang melibatkan asimilasi dan akomodasi. Asimilasi adalah integrasi informasi baru ke dalam kerangka berpikir yang sudah ada, sedangkan akomodasi adalah penyesuaian kerangka berpikir tersebut terhadap informasi baru. Kedua proses ini sangat relevan dalam penggunaan AI yang bersifat adaptif dan interaktif, memungkinkan mahasiswa

untuk terus menyempurnakan pemahamannya terhadap konsep-konsep yang diajarkan.

Selain itu, Lev Vygotsky juga memberikan kontribusi penting melalui konsep Zona Perkembangan Proksimal (ZPD), yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara apa yang bisa dilakukan oleh siswa secara mandiri dan apa yang bisa dicapai dengan bantuan pihak lain (seperti guru atau teknologi pembelajaran). Dalam konteks ini, AI dapat berfungsi sebagai *scaffolding* atau penyangga belajar yang membantu mahasiswa mengatasi keterbatasan kognitifnya. Dosen pun tetap memiliki peran penting sebagai fasilitator yang membimbing mahasiswa dalam proses pembelajaran tersebut.

Dalam kerangka konstruktivisme, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada pencapaian kognitif semata, tetapi juga mencakup pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti *critical thinking*, *creativity*, *collaboration*, dan *communication*. Hal ini sangat penting mengingat karakteristik pembelajaran di era Society 5.0 yang menekankan sinergi antara kemajuan teknologi dan nilai-nilai kemanusiaan. Teknologi AI yang digunakan dalam pembelajaran Biologi Molekuler harus mampu mendukung pengembangan keterampilan tersebut secara menyeluruh dan terintegrasi.

Dengan demikian, pendekatan konstruktivisme memberikan landasan filosofis yang kuat bagi manajemen teknologi pendidikan. Proses perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, hingga pengawasan pembelajaran harus mengakomodasi prinsip-prinsip pembelajaran aktif, partisipatif, reflektif, dan kolaboratif. Setiap komponen manajemen diarahkan untuk menciptakan lingkungan belajar yang merangsang mahasiswa agar membangun pemahaman secara mandiri, mampu mengevaluasi hasil belajarnya, serta mampu mengambil peran aktif dalam proses pembelajaran yang berbasis teknologi cerdas.

B. Enam Sistem Nilai

Kehidupan sekarang semakin kompleks, perubahan yang cepat dalam bidang teknologi menyebabkan persaingan tidak bisa dihindari. Kemajuan dunia filsafat, sains, dan teknologi telah mengakibatkan perubahan besar pada

kebudayaan, akan tetapi kebudayaan yang semakin maju memberikan dampak terhadap aspek moral.

Prof. Achmad Sanusi, sangat memperhatikan akan kehidupan kompleks, sehingga dengan kebijaksanaan dan keilmuannya, memberikan ilmu yang sangat berharga untuk menghadapi kehidupan yang sangat kompleks ini yaitu dengan enam sistem nilai kehidupan yang terdiri dari nilai Teologi, nilai Logik, nilai Etik, nilai Fisiologi, nilai Estetik, dan nilai Telologi. Dari keenam sistem nilai tersebut yang terkait erat dengan pembelajaran Biologi Molekuler di era Society 5.0 adalah sebagai berikut.

1. Nilai Logik

Nilai logik adalah bagian dari proses berpikir, di mana kemampuan untuk memahami, mengingat, dan merenung menjadi aktivitas utamanya. Hasil dari proses ini berupa pemahaman, pengertian, dan ingatan yang membentuk dasar dari setiap tindakan kita. Dalam Al-Qur'an, Allah sering mengajak manusia untuk menggunakan akal, disebut dengan istilah *lubb* atau *'aql* dalam memahami alam semesta.

Kemampuan berpikir ini berkembang seiring usia: bayi berpikir melalui naluri, anak-anak meniru, dan orang dewasa seharusnya mampu berpikir secara kreatif dan inovatif. Di tahap ini, kita perlu menghindari cara berpikir yang egois atau hanya berpusat pada diri sendiri.

Akal dan logika bukan hanya alat berpikir, tapi juga menjadi sarana untuk membedakan mana yang benar dan mana yang salah. Jika digunakan dengan baik, logika dapat memperkuat keimanan seseorang.

Penggunaan AI dalam pembelajaran biologi molekuler dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Dengan bantuan teknologi, dapat lebih cepat mengidentifikasi pola, menganalisis data yang kompleks, dan mencari solusi atas masalah yang dihadapi dalam pembelajaran biologi molekuler. Nilai logik menekankan pentingnya analisis data yang dibantu AI dalam memfasilitasi pemikiran logik. AI membantu untuk fokus pada pengambilan keputusan yang didasarkan pada data yang dihasilkan secara otomatis dan akurat.

Integrasi teknologi pendidikan berbasis AI dalam pembelajaran biologi molekuler di era *Society* 5.0 yang terkait dengan nilai logis menekankan pentingnya penerapan akal dan pendekatan sistematis dalam pemilihan, pengembangan, dan penerapan teknologi. Dengan memaksimalkan potensi AI, proses pembelajaran dapat ditingkatkan secara signifikan, memungkinkan dosen dan mahasiswa untuk memanfaatkan teknologi ini secara efektif dalam mencapai tujuan pendidikan yang lebih baik.

2. Nilai Etik

Nilai etik mempunyai arti hormat, dapat dipercaya, adil semua berkaitan dengan ahlak kita, nilai etik pada saat ini banyak tidak digunakan baik oleh orang yang bodoh ataupun orang yang katanya berpendidikan. Semakin majunya ilmu pengetahuan apabila tidak dibarengi dengan etik menjadi musuh manusia banyak korban dari ilmu pengetahuan seperti adanya peperangan, pengembangan ilmu yang tidak memperhatikan lingkungan. Sistem nilai etik mencakup prinsip-prinsip etika yang perlu dijunjung tinggi dalam penggunaan dan penerapan teknologi AI untuk pendidikan, khususnya dalam bidang pembelajaran biologi molekuler. Nilai etik dalam penelitian ini menekankan pentingnya keseimbangan antara inovasi teknologi dan tanggung jawab moral dalam pendidikan.

Penggunaan AI dalam pembelajaran biologi molekuler harus disertai dengan tanggung jawab etis terhadap peningkatan kualitas pendidikan. Teknologi harus diintegrasikan untuk memperkaya proses pembelajaran, bukan sekadar untuk mengikuti tren teknologi. Nilai etik di sini menekankan bahwa penerapan teknologi AI harus berkontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran dan tidak mengurangi nilai-nilai fundamental pendidikan. Meskipun AI menawarkan banyak manfaat, penting untuk menghindari ketergantungan berlebihan pada teknologi, sehingga siswa tetap dapat mengembangkan keterampilan kritis dan kreatif tanpa selalu bergantung pada AI. Etika ini menekankan bahwa AI harus digunakan untuk melengkapi pembelajaran, bukan menggantikan kemampuan dasar seperti berpikir kritis,

pemecahan masalah, dan eksperimen manual. Teknologi AI diintegrasikan dengan etika yang menjaga kepentingan semua pihak yang terlibat, menjamin bahwa inovasi teknologi tetap memberikan manfaat yang adil dan berkelanjutan bagi semua siswa dan tenaga pengajar, serta mendukung kualitas pendidikan di era *Society 5.0*.

3. Nilai Teleologi

Sistem nilai teleologi berkaitan erat dengan tujuan akhir atau hasil yang diharapkan dari suatu tindakan atau proses. Sistem nilai teleologi ini menyoroti tujuan-tujuan yang diharapkan atau hasil yang diinginkan dari penerapan teknologi AI dalam manajemen pembelajaran Biologi Molekuler di Jurusan Teknologi Laboratorium Medis. Dengan fokus pada hasil yang diinginkan, pendekatan ini menekankan pentingnya mencapai efisiensi, peningkatan kualitas, dan adaptasi terhadap perkembangan teknologi dalam konteks pendidikan.

Nilai teleologis menyoroti tujuan dan dampak akhir yang ingin dicapai dalam penggunaan teknologi tersebut. Nilai teleologis fokus pada hasil atau manfaat yang dicapai dari penerapan teknologi ini dalam konteks pendidikan, memastikan bahwa penerapannya membawa kebaikan dan mencapai tujuan pendidikan yang lebih tinggi. Penggunaan AI dalam pembelajaran biologi molekuler bertujuan untuk meningkatkan kualitas pendidikan melalui penyampaian materi yang lebih efektif, interaktif, dan mendalam. Nilai teleologis menekankan bahwa penerapan teknologi pendidikan ini harus diarahkan untuk mencapai hasil yang lebih baik dalam pemahaman konsep-konsep kompleks biologi molekuler, meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa. Dengan mengintegrasikan AI, pembelajaran diharapkan dapat mempersiapkan mahasiswa dengan keterampilan abad ke-21 yang diperlukan, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan adaptasi terhadap teknologi canggih. Nilai teleologis menekankan pentingnya mencapai kompetensi ini untuk memastikan bahwa mahasiswa siap berkontribusi di dunia kerja yang semakin terotomatisasi dan berbasis teknologi.

Nilai teleologis dalam penggunaan AI mencakup pengembangan pembelajaran berkelanjutan yang adaptif. Teknologi AI dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan belajar individu, memfasilitasi penyesuaian materi dan pendekatan pengajaran agar sesuai dengan tingkat pemahaman mahasiswa. Hal ini membantu memastikan bahwa setiap mahasiswa memiliki peluang yang sama untuk mencapai hasil belajar yang optimal. Penggunaan AI dalam pembelajaran dapat mengotomatisasi tugas-tugas tertentu, seperti evaluasi tugas atau analisis data, sehingga dosen dapat lebih fokus pada pengajaran dan pembimbingan. Nilai teleologis menekankan bahwa tujuan akhir dari penggunaan teknologi ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas proses belajar mengajar, yang pada gilirannya meningkatkan hasil belajar.

C. Landasan Teoritis dan Konsep

1. Manajemen

George R. Terry dalam buku *Principles of Management* menyatakan bahwa manajemen adalah pencapaian tujuan-tujuan yang telah ditetapkan melalui atau bersama-sama usaha orang lain. Manajemen sangat penting bagi setiap aktivitas individu atau kelompok dalam organisasi untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Manajemen berorientasi pada proses (*process oriented*) yang berarti bahwa manajemen membutuhkan sumber daya manusia, pengetahuan, dan keterampilan agar aktivitas menjadi lebih efektif atau dapat menghasilkan tindakan dalam mencapai kesuksesan. Oleh sebab itu, tidak akan ada organisasi yang akan sukses apabila tidak menggunakan manajemen yang baik. (Engkoswara & Komariah, 2012:23) Berdasarkan uraian tersebut maka dapat dikatakan bahwa Manajemen adalah ilmu mengatur proses untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya guna mencapai hasil yang sesuai.

George R. Terry membagi empat fungsi dasar manajemen yaitu *Planning* (Perencanaan), *Organizing* (Pengorganisasian), *Actuating* (Pelaksanaan) dan *Controlling* (Pengawasan). Keempat fungsi manajemen ini

disingkat dengan POAC. Berikut ini adalah penjelasan tentang prinsip-prinsip tersebut secara garis besar.

a. *Planning* (perencanaan)

Planning / perencanaan adalah memilih fakta dan penghubungan fakta-fakta serta pembuatan dan penggunaan perkiraan-perkiraan atau asumsi-asumsi untuk masa yang akan datang dengan jalan menggambarkan dan merumuskan kegiatan-kegiatan yang diperlukan untuk mencapai hasil yang diinginkan.”

b. *Organizing* (pengorganisasian)

Pengorganisasian tidak dapat diwujudkan tanpa ada hubungan dengan yang lain dan tanpa menetapkan tugas-tugas tertentu untuk masing-masing unit. Pengorganisasian adalah penentuan, pengelompokkan, dan penyusunan macam-macam kegiatan yang diperlukan untuk mencapai tujuan, penempatan orang-orang (pegawai), terhadap kegiatan-kegiatan ini, penyediaan faktor-faktor fisik yang cocok bagi keperluan kerja dan penunjukkan hubungan wewenang, yang dilimpahkan terhadap setiap orang dalam hubungannya dengan pelaksanaan setiap kegiatan yang diharapkan. Terry juga mengemukakan tentang prinsip-prinsip *organizing* antara lain sebagai berikut.

- 1) *The objective* atau tujuan.
- 2) *Departementation* atau pembagian kerja.
- 3) *Assign the personel* atau penempatan tenaga kerja.
- 4) *Authority and responsibility* atau wewenang dan tanggung jawab.
- 5) *Delegation of authority* atau pelimpahan wewenang.

c. *Actuating* (pelaksanaan)

Pelaksanaan adalah membangkitkan dan mendorong semua anggota kelompok agar supaya berkehendak dan berusaha dengan keras untuk mencapai tujuan dengan ikhlas serta serasi dengan perencanaan dan usaha-usaha pengorganisasian dari pihak pimpinan.

Definisi di atas terlihat bahwa tercapai atau tidaknya tujuan tergantung kepada bergerak atau tidaknya seluruh anggota kelompok

manajemen, mulai dari tingkat atas, menengah sampai ke bawah. Segala kegiatan harus terarah kepada sasarannya, mengingat kegiatan yang tidak terarah kepada sasarannya hanyalah merupakan pemborosan terhadap tenaga kerja, uang, waktu dan materi atau dengan kata lain merupakan pemborosan terhadap *tools of management*. Hal tersebut tentunya merupakan *mismanagement* atau kesalahan di dalam pengaplikasian ilmu manajemen.

Tercapainya tujuan bukan hanya tergantung kepada *planning* dan *organizing* yang baik, melainkan juga tergantung pada pelaksanaan dan pengawasan. Perencanaan dan pengorganisasian hanyalah merupakan landasan yang kuat untuk pergerakan yang terarah kepada sasaran yang dituju. Pelaksanaan tanpa *planning* tidak akan berjalan efektif karena dalam perencanaan itulah ditentukan tujuan, *budget*, standar, metode kerja, prosedur dan program. Faktor-faktor yang diperlukan untuk pergerakan yaitu:

- 1) *Leadership* (kepemimpinan)
- 2) *Attitude and morale* (sikap dan moral)
- 3) *Communication* (tata hubungan/komunikasi)
- 4) *Incentive* (dorongan)
- 5) *Supervision* (pengawasan)
- 6) *Discipline* (kedisiplin).

d. Controlling (pengawasan)

Control / Pengawasan mempunyai peranan atau kedudukan yang penting sekali dalam manajemen, mengingat mempunyai fungsi untuk menguji apakah pelaksanaan kerja teratur tertib, terarah atau tidak. Walaupun *planning*, *organizing*, *actuating* baik, tetapi apabila pelaksanaan kerja tidak teratur, tertib dan terarah, maka tujuan yang telah ditetapkan tidak akan tercapai. Dengan demikian *control* mempunyai fungsi untuk mengawasi segala kegiatan agar tertuju kepada sasarannya, sehingga tujuan yang telah ditetapkan dapat tercapai. Untuk melengkapi pengertian diatas George R. Terry mengemukakan bahwa pengawasan dapat

dirumuskan sebagai proses penentuan apa yang harus dicapai yaitu standar, apa yang sedang dilakukan yaitu pelaksanaan, menilai pelaksanaan, dan apakah perlu melakukan perbaikan-perbaikan, sehingga pelaksanaan sesuai dengan rencana, yaitu selaras dengan standar. Adapun proses pengawasan sebagai berikut.

- 1) Tentukan standar atau dasar dalam pengawasan.
- 2) Pengukuran performansi/kinerja.
- 3) Bandingkan pelaksanaan dengan standard dan temukan jika ada perbedaan.
- 4) Perbaiki penyimpangan dengan tindakan yang tepat.

2. Teknologi Pendidikan

Terminologi kata “teknologi” berasal dari Bahasa Yunani “*technologia*” yang bermakna penanganan sesuatu dengan cara yang sistematis (*systematic treatment*). Menurut Donald P. Ely mengatakan bahwa teknologi pendidikan merupakan salah satu wilayah pendidikan yang didalamnya mencakup proses identifikasi yang sistematis dalam penggunaan sumber-sumber pembelajaran secara maksimal, pengorganisasian, serta pengembangan beragam fasilitas pembelajaran. Referensi lain yang bersumber dari Webster dictionary mengatakan bahwa teknologi pendidikan merupakan satu komponen didalam subsistem pendidikan yang memiliki peran sebagai problem solving di bidang pendidikan. Sedangkan Association for Educational Communication and Technology (AECT) memandang teknologi pendidikan sebagai sebuah proses terpadu dan kompleks yang melibatkan ide, prosedur, peralatan, personal, dan kelompok dalam menganalisa suatu masalah, mencari solusi pemecahan masalah, mengimplementasikan, mengelola, dan mengevaluasi segala aspek yang berkaitan dengan aspek belajar manusia. (Miarso, 2006: 14)

Apabila dipandang dari makna operasionalnya, maka teknologi pendidikan dapat dipahami sebagai suatu kerangka metode dengan konstruksi sistem di dalam merencanakan, menggunakan, serta menilai

segala aktifitas pembelajaran yang berfokus pada interaksi antara manusia dengan sumber dan teknis pembelajaran yang berujung pada lahirnya efektifitas format pendidikan yang diinginkan.

Kaitannya dengan proses belajar manusia, di masyarakat seringkali berkembang dua istilah yang acapkali digunakan, yaitu Instructional Technology (Teknologi Pembelajaran) dan Educational Technology (Teknologi Pendidikan). Pada akademisi dan sivitas akademika sering menggunakan ke dua istilah tersebut karena merujuk pada referensi yang ada, meskipun maksud yang diinginkan dari ke dua istilah tersebut sama. Diantara referensi yang dijadikan acuan, teknologi pembelajaran merupakan suatu teori sekaligus praktik tentang rancangan, pengembangan, manfaat, pengelolaan, serta penilaian terhadap bermacam proses dan sumber daya pembelajaran. (Barbara, 2004:11)

Basis teoretis lainnya ialah pendapat Association for Educational Communication and Technology (AECT) yang mengartikan istilah “Teknologi pendidikan” sebagai suatu keterpaduan proses yang kompleks dan melibatkan ide, prosedur, peralatan, orang, serta organisasi dalam upaya untuk menganalisis problematika, mencari solusi atas problematika, melaksanakan, mengelola, dan melakukan evaluasi atas problematika yang berkaitan dengan aspek belajar manusia. Sedangkan untuk istilah yang ke dua yaitu “Teknologi pembelajaran” merupakan sebuah keterpaduan proses yang kompleks dan melibatkan ide, prosedur, peralatan, orang, serta organisasi dalam upaya untuk menganalisis problematika, mencari solusi atas problematika, melaksanakan, mengelola, dan melakukan evaluasi atas problematika proses belajar manusia yang di dalamnya terdapat tujuan yang terkontrol. Dengan demikian, cakupan teknologi pembelajaran lebih sempit daripada teknologi pendidikan atau dapat dikatakan bahwa teknologi pembelajaran merupakan salah satu bagian dari teknologi pendidikan.

Teknologi pembelajaran memiliki karakteristik dan sifat khusus ditujukan untuk mempermudah proses pendidikan dan pemahaman peserta didik dalam aspek pembelajaran di kelas; sedangkan teknologi pendidikan

memiliki cakupan yang lebih luas daripada teknologi pembelajaran. Dikatakan lebih luas, karena teknologi pendidikan memiliki manfaat sebagai teori sekaligus praktik dalam merancang, mengembangkan, mengelola, memanfaatkan, meneliti, dan mengevaluasi sistem dan proses pembelajaran yang telah dilakukan. Sehingga dapat dikatakan bahwa apa yang dimuat di dalam pengertian teknologi pembelajaran telah tercakup di dalam pendefinisian teknologi pendidikan.

Dapat dikatakan pula bahwa teknologi pembelajaran pada hakikatnya dianggap sebagai elemen penyokong bidang teknologi pendidikan. Argumen yang dikemukakan atas hal tersebut ialah karena pembelajaran merupakan bagian yang tak terpisahkan dari sebuah sistem pendidikan. Di dalam sistem tersebut tentu telah ada tujuan atau target akhir yang sifatnya terfokus (*purposive*) dan terkontrol (*controlled*). (Dharmawan, 2013:166-167)

Seiring prosesnya, istilah “teknologi pendidikan” seringkali tergantikan dengan istilah “teknologi pembelajaran” dikarenakan kesamaan objek kajian dari kedua rumpun tersebut, yakni proses belajar yang dilakukan oleh manusia. Penggantian terminologi tersebut sekaligus memperluas area pengimplementasiannya yang tidak terbatas pada lingkup pendidikan formal saja, namun juga melingkupi pendidikan yang berlangsung di mana pun selama proses pembelajaran tersebut diperlukan untuk dilaksanakan. (Miarso, 2004:168)

Berdasarkan pada hal tersebut, maka teknologi pembelajaran tidak hanya dimanfaatkan dalam ruang kelas saja, melainkan dapat berlangsung di luar kelas, di mana saja tanpa tersekat oleh batas ruang atau lembaga pendidikan formal semata. Karenanya, proses pembelajaran dapat memanfaatkan sumber-sumber belajar (*learning resources*) serta melibatkan peran teknologi dalam bentuk apapun untuk menyokong terlaksananya suatu proses pembelajaran. AECT sendiri mendeskripsikan teknologi pembelajaran sebagai sebuah disiplin keilmuan yang berupaya memberikan fasilitas pada proses belajar manusia dengan cara mengidentifikasi,

mengembangkan, mengorganisasikan, serta memanfaatkan seluruh sumber belajar (learning resources) secara sistematis.(AECT, 1972:36)

3. Manajemen Teknologi Pendidikan

Manajemen Teknologi Pendidikan adalah proses perencanaan, pelaksanaan, pengelolaan, dan evaluasi teknologi dalam konteks pendidikan. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan kualitas pembelajaran melalui integrasi teknologi yang efektif. Ini mencakup perencanaan strategis, pemilihan perangkat lunak dan perangkat keras, pelatihan tenaga pengajar, serta evaluasi dampak penggunaan teknologi terhadap hasil belajar siswa.

Integrasi IPTEK itu bisa diwujudkan dalam praktek pembelajaran. Tentunya harus dilihat secara komprehensif tentang konsep pembelajaran itu sendiri. Jika pembelajaran dimaknai sebagai seperangkat komponen rancangan pelajaran yang memuat hasil pilihan dan ramuan profesional perancang/guru untuk dibelajarkan kepada peserta didiknya. Rancangan ini meliputi 5 komponen (M3SE) yakni; (1) Materi atau bahan pelajaran, (2) Metode atau kegiatan belajar mengajar, (3) Media pelajaran atau alat bantu, (4) Sumber sub 1-2-3, (5) Pola Evaluasi atau penilaian perolehan belajar. maka proses integrasi antara IPTEK dalam pembelajaran dapat dilakukan melalui paduan keduanya dalam seluruh komponen pembelajaran, Dalam tataran operasional, maka integrasi tersebut dapat dimulai dari perumusan tujuan institusional, tujuan kurikulum dan tujuan instruksional/ pembelajaran yang menunjukkan adanya misi integrasi. Tujuan tersebut akan menjadi payung bagi guru dalam merencanakan komponen-komponen lainnya, jika rumusan tujuannya menunjukkan adanya misi integrasi antara ilmu dan agama, maka materi, metode, media, sumber dan evaluasinya pun tentunya akan senapas dengan tujuan tersebut.(Abdulhak & Darmawan, 2013:175.)

Manajemen teknologi pendidikan berdasarkan kerangka M3SE (Materi, Media, Metoda, Sumber, dan Evaluasi) melibatkan pengelolaan berbagai elemen untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. Kerangka

M3SE dalam manajemen teknologi pendidikan menciptakan pendekatan holistik yang menggabungkan aspek manajerial, penggunaan media, metode pengajaran, sumber daya, dan evaluasi. Penerapan kerangka ini menghasilkan pengelolaan teknologi pendidikan yang efisien dan adaptif, khususnya dalam pembelajaran biologi molekuler berbasis AI di era *Society 5.0*. Komponen-komponen tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Materi

1) Pengembangan Materi yang Relevan

Pengembangan materi selaras dengan silabus atau standar pendidikan yang berlaku, memastikan bahwa konten yang disampaikan sesuai dengan kompetensi dasar dan capaian pembelajaran yang ditargetkan. Misalnya, dalam biologi molekuler berbasis AI, materi harus mencakup konsep genetika, struktur DNA, proses replikasi, dan teknologi sekuensing.

Materi mempertimbangkan latar belakang akademis, tingkat pemahaman, dan preferensi belajar mahasiswa. Misalnya, mahasiswa semester awal mungkin memerlukan pengenalan dasar yang lebih interaktif, sedangkan mahasiswa tingkat lanjut bisa memanfaatkan studi kasus kompleks yang diintegrasikan dengan AI untuk simulasi eksperimen.

Penggunaan teknologi simulasi memungkinkan mahasiswa mempelajari prosedur laboratorium virtual yang mensimulasikan eksperimen biologi molekuler, seperti reaksi PCR atau kloning gen. Studi kasus berbasis AI dapat menghadirkan skenario penelitian yang melibatkan analisis data genetika secara real-time, memberikan pengalaman yang menyerupai dunia nyata.

2) Kualitas Konten Digital

Materi digital dirancang untuk mendorong partisipasi aktif. Misalnya, animasi 3D yang menunjukkan struktur molekul dan proses biologis dapat meningkatkan visualisasi dan pemahaman konsep abstrak. Video penjelasan yang menggabungkan grafis interaktif dan

narasi yang jelas membantu memfasilitasi pembelajaran multisensori. Penggunaan infografis membantu menyajikan informasi kompleks dalam bentuk visual yang mudah dipahami, seperti diagram yang merangkum siklus replikasi DNA atau proses transkripsi dan translasi. Visualisasi ini harus dirancang dengan estetika yang menarik agar mudah dipahami dan menarik perhatian mahasiswa.

Konten digital juga bisa melibatkan elemen gamifikasi, seperti kuis interaktif dan permainan edukatif, yang menggunakan teknologi AI untuk menyesuaikan tingkat kesulitan sesuai dengan performa mahasiswa. Hal ini mendorong keterlibatan dan motivasi yang lebih tinggi dalam belajar.

3) Kemudahan Akses

Materi yang tersedia di platform seperti Learning Management Systems (LMS) yang ramah pengguna, seperti Moodle, Blackboard, atau platform lainnya yang memungkinkan mahasiswa mengakses materi kapan saja dan di mana saja. Materi pembelajaran dapat diakses melalui perangkat yang berbeda, baik laptop, tablet, maupun smartphone. Aplikasi pendukung berbasis AI juga dapat menawarkan fitur adaptif, di mana materi disesuaikan dengan kecepatan belajar individu. Materi dikembangkan dalam format yang kompatibel dengan berbagai sistem operasi dan perangkat. Misalnya, file PDF interaktif, video yang dapat di-streaming, dan modul berbasis HTML5 untuk memastikan kelancaran akses dan interaktivitas. Untuk memastikan inklusivitas, materi yang bisa diunduh dan diakses secara offline penting agar mahasiswa dengan keterbatasan akses internet tetap dapat belajar.

b. Media

1) Perangkat Keras dan Lunak

Perangkat keras dan perangkat lunak berperan penting dalam mendukung pembelajaran berbasis teknologi. Perangkat keras meliputi komputer, laptop, tablet, proyektor, dan perangkat tambahan seperti

papan pintar (smartboard) serta perangkat khusus yang menggunakan teknologi AI, seperti robot pembelajaran atau mesin simulasi laboratorium. Sedangkan perangkat lunak mencakup program yang digunakan untuk proses pembelajaran, misalnya software khusus untuk simulasi biologi molekuler, di mana mahasiswa bisa melihat struktur DNA, protein, atau reaksi kimia dalam format 3D. Program yang mendukung pembelajaran untuk kuis interaktif atau simulasi lab virtual yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen secara aman dan mendetail. Algoritma berbasis AI untuk memberikan umpan balik adaptif, pengenalan pola, dan pengajaran personalisasi yang membantu mahasiswa belajar sesuai kemampuan masing-masing.

2) Media Interaktif

Media interaktif memfasilitasi pembelajaran yang lebih mendalam dan partisipatif meliputi video dengan konten yang diperkaya animasi dan narasi, memungkinkan mahasiswa memvisualisasikan konsep-konsep yang kompleks, seperti proses replikasi DNA atau interaksi antara enzim dan substrat. Model tiga dimensi yang memungkinkan siswa memanipulasi dan mengeksplorasi struktur biologis. Simulasi ini bisa melibatkan program di mana mahasiswa dapat 'memasuki' sel dan melihat organel bekerja secara real-time, memberikan pengalaman belajar yang imersif. Platform yang memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen laboratorium tanpa batasan fisik, mendukung pengembangan keterampilan praktis meskipun di luar kelas. AI diintegrasikan untuk memberikan analisis dan koreksi otomatis pada setiap langkah eksperimen.

3) Platform Pembelajaran Online

Platform pembelajaran online menyediakan wadah untuk menyelenggarakan, mengelola, dan mengakses materi pembelajaran secara digital. meliputi:

- a) LMS seperti Moodle, Blackboard, dan Google Classroom membantu dosen mengelola kelas virtual, mengunggah materi,

membuat tugas, dan memberikan penilaian. LMS modern sering kali sudah dilengkapi dengan fitur analitik untuk memantau perkembangan belajar siswa.

- b) Sistem pembelajaran yang didukung AI bisa menganalisis data hasil belajar mahasiswa, memberikan penilaian otomatis, dan menyesuaikan konten sesuai dengan kebutuhan individu. Misalnya, sistem yang memberi soal latihan yang menyesuaikan tingkat kesulitan berdasarkan hasil jawaban sebelumnya.
- c) AI dapat memodifikasi jalur pembelajaran untuk mahasiswa secara otomatis, menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal. Platform ini menilai kekuatan dan kelemahan siswa serta memberikan rekomendasi materi tambahan atau pembelajaran yang lebih intensif di area yang perlu ditingkatkan.

c. Metoda

1) Pembelajaran Aktif dan Partisipatif

Pendekatan ini melibatkan peran aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran, didukung oleh teknologi AI. Beberapa implementasi metoda ini meliputi:

- a) Penggunaan AI untuk menciptakan simulasi laboratorium yang realistis. Mahasiswa dapat mencoba berbagai eksperimen biologi molekuler seperti manipulasi DNA atau protein, mengamati hasil, dan mempelajari implikasinya tanpa risiko keamanan atau keterbatasan fisik.
- b) Teknologi AI dapat memberikan umpan balik instan saat mahasiswa berpartisipasi dalam simulasi atau aktivitas lainnya, membantu mereka memahami kesalahan dan memperbaiki pendekatan mereka dengan segera.
- c) AI dapat memfasilitasi diskusi yang dipandu dengan memberikan pertanyaan pemicu atau skenario yang merangsang debat ilmiah di antara mahasiswa, meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konsep.

2) Problem-Based Learning (PBL)

PBL adalah pendekatan yang berfokus pada pemecahan masalah sebagai dasar pembelajaran. AI mendukung metoda ini dengan cara:

- a) Memberikan skenario kompleks yang mencerminkan masalah nyata di bidang biologi molekuler. Misalnya, mereka mungkin diminta memecahkan masalah terkait identifikasi mutasi genetik menggunakan data yang diolah oleh AI.
- b) AI menilai jawaban mahasiswa terhadap skenario PBL dan menawarkan petunjuk atau bantuan yang disesuaikan untuk membantu mereka memahami konsep yang mendasarinya.
- c) Mahasiswa menggunakan model berbasis AI untuk mensimulasikan reaksi atau interaksi biologis guna mencari solusi atas permasalahan yang disajikan dalam skenario.

3) Blended Learning

Metoda ini menggabungkan kelebihan pembelajaran tatap muka dengan fleksibilitas pembelajaran online. AI berperan dalam memastikan keberhasilan blended learning dengan cara:

- a) AI mempelajari pola belajar mahasiswa dan menyesuaikan materi pelajaran serta kecepatan belajar sesuai dengan kemampuan individu. Ini memungkinkan mahasiswa yang lebih cepat memahami materi untuk melanjutkan ke topik berikutnya, sementara mahasiswa yang memerlukan lebih banyak waktu mendapatkan sumber daya tambahan.
- b) AI menyesuaikan materi tambahan, latihan, atau video penjelasan yang relevan berdasarkan kebutuhan spesifik mahasiswa.
- c) AI memfasilitasi ruang diskusi virtual, di mana mahasiswa dapat bekerja sama dalam proyek atau tugas kelompok, didukung oleh alat kolaborasi yang memantau dan memberikan masukan tentang kontribusi masing-masing anggota.

Integrasi AI membantu mengoptimalkan metode pengajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan gaya belajar mahasiswa, meningkatkan hasil

pembelajaran. PBL berbasis AI menstimulasi keterampilan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah, yang esensial bagi mahasiswa di bidang biologi molekuler. Blended learning memungkinkan mahasiswa belajar di mana saja dan kapan saja, memberi mereka kontrol lebih besar atas proses belajar mereka. Namun implementasi metoda ini membutuhkan infrastruktur teknologi yang memadai, termasuk perangkat keras, koneksi internet stabil, dan perangkat lunak berkualitas. Dosen harus dilatih dalam menggunakan teknologi AI secara efektif dan mengintegrasikannya ke dalam metode pembelajaran.

d. **Sumber**

1) Sumber Daya Manusia

Dosen memerlukan pelatihan khusus agar dapat mengintegrasikan teknologi AI ke dalam metode pengajaran secara efektif. Pelatihan ini mencakup cara menggunakan perangkat lunak simulasi, analisis data AI, serta penerapan metode pembelajaran yang interaktif berbasis teknologi. Ini memastikan bahwa tenaga pengajar memiliki keterampilan terkini untuk memfasilitasi pengalaman belajar yang relevan dan efisien. Teknisi IT yang kompeten diperlukan untuk membantu mengelola dan memelihara infrastruktur teknologi. Bertanggung jawab atas instalasi perangkat lunak, pembaruan sistem, dan pemecahan masalah teknis yang mungkin dihadapi selama proses pembelajaran. Kolaborasi dengan ahli biologi molekuler, pengembang perangkat lunak, atau spesialis AI diperlukan untuk mengembangkan materi yang tepat dan memastikan keakuratan konten pembelajaran.

2) Sumber Daya Digital

Mahasiswa dan dosen memerlukan akses sumber daya ilmiah seperti jurnal elektronik, buku digital, dan publikasi akademik yang relevan dengan biologi molekuler dan teknologi AI. Ini memungkinkan mereka untuk terus memperbarui pengetahuan dan mengikuti perkembangan terbaru dalam bidang studi. Menggunakan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk pendidikan, seperti simulator biologi

molekuler berbasis AI, sangat penting. Perangkat ini membantu mahasiswa mempraktikkan konsep melalui laboratorium virtual, melakukan eksperimen simulasi, dan memahami prosedur kompleks tanpa keterbatasan fisik. Platform pembelajaran adaptif yang dilengkapi dengan AI dapat menyediakan pengalaman belajar yang dipersonalisasi. Contohnya, platform ini dapat menilai kinerja mahasiswa dan menyesuaikan materi berdasarkan kebutuhan mereka.

3) Infrastruktur Teknologi

Laboratorium komputer yang dilengkapi dengan perangkat keras berkinerja tinggi dan kemampuan komputasi yang memadai diperlukan untuk menjalankan perangkat lunak simulasi dan program AI. Komputer harus diperbarui secara berkala untuk menghindari ketertinggalan teknologi. Koneksi internet yang cepat dan stabil sangat penting untuk mengakses sumber daya online, mengunduh materi pembelajaran, serta berpartisipasi dalam kelas virtual dan kegiatan pembelajaran berbasis cloud. Koneksi yang kurang memadai dapat menghambat proses pembelajaran dan mengurangi efektivitas teknologi. Peralatan seperti proyektor, papan pintar (smart board), dan perangkat input-output lainnya mendukung pembelajaran interaktif. Peralatan ini memungkinkan dosen dan mahasiswa untuk melakukan presentasi, diskusi, dan demonstrasi dengan lebih efektif. Infrastruktur teknologi juga mencakup server yang aman dan penyimpanan data untuk menyimpan materi pembelajaran, data mahasiswa, dan informasi terkait lainnya. Keamanan siber menjadi perhatian penting agar data tetap terlindungi dari potensi ancaman.

e. Evaluasi

1) Pengukuran Hasil Belajar

Teknologi AI dapat digunakan untuk menilai hasil tes, tugas, dan proyek mahasiswa secara otomatis, menghasilkan data yang cepat dan akurat. Sistem ini dapat memberikan analisis kinerja individu maupun kelas secara keseluruhan, sehingga memudahkan dosen

dalam menilai apakah tujuan pembelajaran telah tercapai. AI dapat melacak kemajuan setiap mahasiswa secara detail, termasuk kekuatan dan kelemahan dalam topik tertentu. Data ini berguna untuk menyusun strategi pembelajaran lanjutan yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik setiap mahasiswa. Evaluasi juga dapat dirancang untuk memastikan mahasiswa tidak hanya menghafal materi, tetapi memahami dan menerapkan konsep biologi molekuler dalam konteks nyata.

2) Umpan Balik Berkelanjutan

AI memungkinkan evaluasi dilakukan secara terus-menerus dengan mengumpulkan data selama proses pembelajaran. Informasi yang dikumpulkan dapat mencakup waktu respon mahasiswa, interaksi dengan materi pembelajaran, dan partisipasi dalam diskusi atau simulasi. Berdasarkan analisis data tersebut, sistem AI dapat memberikan umpan balik kepada dosen dan mahasiswa, serta menyesuaikan materi pembelajaran sesuai kebutuhan. Hal ini membantu menciptakan lingkungan belajar yang dinamis dan responsif. Dengan adanya umpan balik real-time, mahasiswa dapat lebih terlibat karena mendapatkan informasi langsung mengenai kinerja mereka dan saran untuk perbaikan.

3) Penilaian Efektivitas Media dan Metoda

Teknologi AI dapat menganalisis penggunaan media seperti video pembelajaran, simulasi interaktif, dan laboratorium virtual. Hal ini membantu mengidentifikasi sejauh mana media ini mendukung pemahaman dan engagement mahasiswa. Evaluasi ini mengukur sejauh mana metode pembelajaran (seperti pembelajaran berbasis masalah atau blended learning) berhasil dalam membantu mencapai tujuan pembelajaran. Data yang dikumpulkan bisa membantu memperbaiki pendekatan pengajaran jika hasil tidak sesuai dengan harapan. Berdasarkan hasil evaluasi, institusi pendidikan dapat mengubah metode pengajaran, mengupdate materi, atau

menginvestasikan lebih banyak pada teknologi baru yang lebih efektif. Evaluasi yang mendalam memastikan bahwa teknologi dan metode yang diterapkan memberikan hasil yang optimal.

4. *Artificial Intelligence (AI)*

Kecerdasan Buatan (AI) adalah cabang dari ilmu komputer yang fokus pada bagaimana membuat mesin bisa “berpikir” layaknya manusia. AI dirancang untuk menyelesaikan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia, seperti belajar hal baru, mengenali gambar, dan menciptakan sesuatu.

Di era digital sekarang, berbagai organisasi mengumpulkan data dari banyak sumber, mulai dari sensor cerdas, tulisan manusia, sampai catatan sistem. AI digunakan untuk membantu memahami data ini, dan dari sana, sistem bisa “belajar” sendiri. Artinya, AI bisa memecahkan masalah baru berdasarkan apa yang telah ia pelajari, seolah-olah ia punya intuisi seperti manusia. Contohnya, AI sekarang bisa membalas percakapan manusia secara alami, menciptakan gambar dan tulisan orisinal, bahkan mengambil keputusan real-time berdasarkan data yang masuk. Tujuan akhirnya adalah membuat sistem yang bisa membantu mempercepat proses kerja, meningkatkan pelayanan terhadap pelanggan, dan mendorong lahirnya inovasi. Secara sederhana, AI itu seperti kombinasi antara kecanggihan komputer dan kekuatan data. Di dalamnya ada bidang lain seperti *machine learning* (pembelajaran mesin) dan *deep learning* (pembelajaran mendalam) yang berperan untuk membuat sistem bisa memprediksi atau mengklasifikasikan sesuatu berdasarkan data yang diberikan.

Selama bertahun-tahun, perkembangan kecerdasan buatan (AI) mengalami pasang surut. Namun, peluncuran ChatGPT oleh OpenAI menjadi titik balik yang cukup besar, bahkan bagi mereka yang awalnya ragu terhadap AI. Jika dulu gebrakan AI banyak terjadi di bidang pengolahan gambar (visi komputer), kini lompatan besar justru terjadi dalam pemrosesan bahasa alami.

Yang menarik, kemampuan AI generatif tidak hanya terbatas pada bahasa. Sekarang, AI juga bisa memahami dan mempelajari struktur dalam

kode pemrograman, molekul, gambar, dan berbagai jenis data lainnya. Sebenarnya, model generatif sudah digunakan cukup lama di bidang statistik untuk menganalisis data numerik. Namun, sejak hadirnya teknologi *deep learning* atau pembelajaran mendalam, cakupannya meluas ke data yang lebih kompleks seperti gambar dan suara.

Salah satu model awal yang sukses menyeberang ke berbagai jenis data ini adalah **Variational Autoencoder (VAE)** yang diperkenalkan pada tahun 2013. VAE menjadi model *deep learning* pertama yang digunakan secara luas untuk menghasilkan gambar dan suara yang tampak nyata.

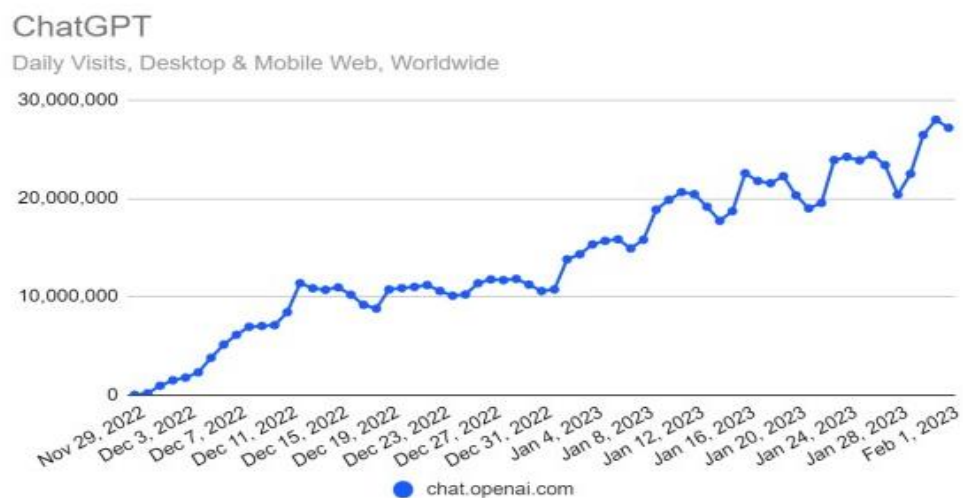
Kemajuan AI dalam beberapa tahun terakhir sangat terasa di berbagai bidang, termasuk di dunia pendidikan dan akademik. Salah satu contoh pemanfaatan yang kini populer adalah penggunaan **ChatGPT** (*Chat Generative Pre-trained Transformer*), chatbot cerdas buatan OpenAI yang berbasis di California. Model AI ini menggunakan arsitektur jaringan saraf bernama *transformer*, yang memungkinkan sistem ini memahami konteks percakapan dan menghasilkan respons yang terdengar alami, hampir seperti manusia berbicara (Zhang dkk., 2023).

Dalam konteks dunia akademik dan pendidikan pemanfaatan Chat GPT dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran dengan menyediakan akses ke informasi dan materi yang lebih luas dan lebih mudah dipahami (Arifdarma, 2023). Penggunaan Chat GPT dalam dunia akademik dan pendidikan menawarkan potensi manfaat besar, seperti meningkatkan efisiensi dalam pembelajaran, memberikan dukungan individual bagi siswa, dan membantu pengajar dalam memberikan pembelajaran yang lebih personal. Namun, di balik manfaatnya, muncul pula berbagai pertanyaan seputar privasi data, bias dalam hasil yang dihasilkan, dan tanggung jawab pengguna dalam menggunakan teknologi ini dengan bijaksana.

OpenAI adalah organisasi pelopor dalam penelitian kecerdasan buatan yang berkembang sejak tahun 2015 oleh pendiri-pendiri seperti Elon Musk dan Sam Altman yang berfokus pada pengembangan kecerdasan buatan

dengan menciptakan beberapa model revolusioner seperti GPT-2, GPT-3, dan akhirnya ChatGPT (Ray, 2023). Setelah berhasil dengan GPT3, OpenAI melanjutkan usaha penelitian dan pengembangannya dengan menghasilkan ChatGPT yang didasarkan pada arsitektur GPT-4 (Openai, 2023).

Menurut data laporan UBS pengguna ChatGPT mencapai 1 juta pengguna pertamanya dalam waktu seminggu, melampaui Instagram sebagai aplikasi tercepat yang mencapai pencapaian tersebut (UBS, 2023). ChatGPT, chatbot populer dari OpenAI, diperkirakan telah mencapai 100 juta pengguna aktif bulanan pada bulan Januari, hanya dalam dua bulan setelah diluncurkan, menjadikannya aplikasi konsumen dengan pertumbuhan tercepat dalam sejarah (K. Hu & Hu, 2023). Menurut data similar web pada tahun 2020, nilai pasar perangkat keras dan layanan AI secara luas hampir mencapai USD 36 miliar, berdasarkan data dari IDC dan



Gambar 2.1 Proyeksi perangkat keras dan layanan AI

Pasar perangkat keras dan layanan yang berbasis kecerdasan buatan (AI) diprediksi akan tumbuh pesat dengan laju sekitar 20% per tahun (CAGR), dan diperkirakan akan mencapai nilai sebesar USD 90 miliar pada tahun 2025. Meskipun penggunaan AI percakapan masih berada pada tahap awal monetisasi, diperkirakan bahwa pada tahun 2020, segmen ini telah menyumbang sekitar 10% dari total pasar AI, terutama melalui layanan

berbasis langganan, baik untuk kebutuhan perusahaan maupun konsumen (Similarweb, 2023).

Salah satu contoh teknologi AI percakapan yang berkembang pesat adalah **ChatGPT**. Kemampuannya dalam memahami pertanyaan dalam bahasa alami dan memberikan respons yang menyerupai cara manusia berbicara telah menjadikannya pilihan populer untuk menjawab berbagai pertanyaan, mulai dari hal-hal yang bersifat umum hingga persoalan yang kompleks. Karena itu, ChatGPT dengan cepat menjadi sumber informasi yang berharga, baik bagi pelajar maupun para profesional.

Versi terbarunya, **ChatGPT-4**, resmi dirilis pada tanggal 14 Maret 2023. Versi ini diklaim lebih canggih karena telah dilatih menggunakan kumpulan data yang lebih besar dan beragam. Dengan ukuran model yang lebih besar, ChatGPT-4 memiliki kemampuan pemrosesan bahasa alami yang lebih kuat, sehingga dapat menangani instruksi dari berbagai bidang dan menyesuaikan diri dengan berbagai konteks percakapan yang kompleks. Misalnya, pengguna kini dapat mengirimkan gambar, dan ChatGPT mampu memberikan deskripsi yang rinci atas gambar tersebut. Bahkan, ChatGPT dapat merespons pertanyaan yang ditulis tangan dalam bentuk grafik dengan pemahaman yang baik (OpenAI, 2023)

5. Pendidikan Teknologi 4.0

Pada paradigma lama, konsep pendidikan berfokus pada bagaimana terjadinya transfer pengetahuan dan keterampilan pada individu. Tujuan pendidikan diarahkan untuk menciptakan pekerja yang memiliki keterampilan dan untuk memenuhi kebutuhan industri serta pemenuhan sektor ekonomi. Pola pengajaran mengikuti fokus dan tujuan pendidikan di mana metode pengajaran bersifat sama untuk semua subjek didik (one size fits all). (Barnes & Slate, 2013). Untuk mencapai tujuan kebutuhan industri dan pemenuhan sektor ekonomi, maka kurikulum pada paradigma lama dirancang dengan berfokus pada mata pelajaran yang dianggap utama dan esensial berupa Matematika, Bahasa dan Sains. Kurikulum dirancang dengan

proses pembelajaran yang bersifat konvensional, kaku dan tertutup dengan penggunaan teknologi tepat guna yang sangat terbatas.

Penelitian yang dilakukan oleh **Centre for the Edge** mengungkap bahwa pendidikan masa kini tidak cukup hanya berfokus pada pendekatan pedagogis dan pemanfaatan teknologi. Lebih dari itu, penting juga untuk meninjau kembali tujuan utama pendidikan dan bagaimana perannya dalam merespons dinamika kebutuhan masa depan. Perubahan ini menuntut individu dan organisasi pembelajar untuk menyesuaikan cara berpikir dan cara menggunakan pengetahuan serta keterampilan yang benar-benar relevan dengan tantangan zaman.

Di era Revolusi Industri 4.0, dunia pendidikan mengalami transformasi yang signifikan. Salah satu penyebab utama perubahan ini adalah adanya perbedaan mendasar antara konsep "belajar" dan "pendidikan". Pendidikan dipahami sebagai proses yang melibatkan peran aktif dari pendidik, yang bertugas mendampingi dan mengembangkan potensi peserta didik secara holistic, meliputi ranah kognitif, afektif, dan psikomotor. Tujuan akhirnya adalah menciptakan individu yang benar-benar “berpendidikan”, yakni mereka yang memiliki bekal pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk mencapai keberhasilan dalam kehidupan.

Pendidikan juga berperan dalam menyiapkan siswa menghadapi perubahan ide, pengalaman baru, kebutuhan yang terus berkembang, serta tantangan masa depan—terutama dalam konteks perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan integrasinya dalam dunia kerja dan industri.

Sementara itu, belajar lebih merujuk pada proses internal individu dalam memperoleh pengetahuan dan keterampilan baru. Proses ini berangkat dari rasa ingin tahu dan kesadaran pribadi terhadap sesuatu yang ingin dipahami. Belajar dapat terjadi di mana saja dan kapan saja, dengan memanfaatkan berbagai sumber—baik berupa pesan, orang, bahan ajar, alat bantu, metode, maupun lingkungan sekitar (AECT dalam Januszewski & Molenda, 2008). Melalui pembelajaran, individu tidak hanya memperoleh informasi, tetapi juga menginternalisasikannya menjadi bagian dari

pengalaman hidup yang dapat diterapkan sebagai solusi nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Masa depan membutuhkan individu yang mampu menemukan hal baru, cara baru dalam memecahkan masalah yang baru pula, lalu kemampuan mengintegrasikan ide baru ke dalam pekerjaan dan karir untuk menghasilkan portofolio atas karya dan solusi baru, sehingga pengetahuan dan keterampilan menjadi praktik terbaik sebagai wujud kompetensi. Organisasi pendidikan perlu menjawab dan memfasilitasi bagaimana memfasilitasi pertumbuhan individu unggul sebagai tanggung jawab terhadap negara. Masa depan telah meletakkan peran pengetahuan dan keterampilan sebagai kekuatan dan bidang pendidikan memiliki kunci dalam penciptaan yang dibutuhkan para pemangku kepentingan. Peran penciptaan dan tanggung jawab tersebut digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Penciptaan dan Pemeliharaan pengetahuan dalam Sektor Pendidikan untuk Kebutuhan Industri
(Evansgreenwood et al., 2015)

Pendidikan 4.0 menggambarkan suatu fase baru dalam dunia pendidikan yang ditandai dengan pemanfaatan teknologi mutakhir seperti kecerdasan buatan (AI), machine learning, dan Internet of Things (IoT) dalam proses belajar-mengajar (Miranda et al., 2019). Pendekatan ini hadir sebagai respons terhadap kebutuhan kompetensi abad ke-21, dengan memberikan bekal keterampilan dan pengetahuan yang relevan bagi peserta didik agar mampu bersaing dan beradaptasi di tengah arus perkembangan dunia digital yang sangat cepat (Rodríguez-Abitia et al., 2020).

Salah satu komponen penting dalam mewujudkan visi Pendidikan 4.0 adalah melalui intervensi pendidikan berbasis teknologi. Intervensi ini mencakup proses perancangan, pengembangan, hingga penerapan berbagai produk, layanan, maupun sistem yang berakar pada pengetahuan ilmiah. Tujuannya adalah untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran, menemukan solusi inovatif, dan menambahkan nilai lebih dalam proses pendidikan.

Dengan melibatkan teknologi digital secara langsung dalam kegiatan belajar, siswa tidak hanya terpapar pada alat-alat modern, tetapi juga terdorong untuk berkolaborasi, berpikir kreatif, dan mengeksplorasi pengetahuan secara lebih mendalam. Hal ini secara nyata berkontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran dan hasil akademik siswa (Zhou et al., 2020).

6. Pemanfaatan AI Untuk Siswa

Pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) kini menjadi sorotan utama dalam dunia pendidikan. Salah satu bentuk penerapan AI yang banyak dibicarakan adalah ChatGPT, yang menawarkan berbagai manfaat positif, seperti peningkatan keterlibatan siswa, mendorong kolaborasi, serta memperluas akses terhadap pembelajaran (Cotton et al., 2023).

Salah satu keunggulan utama dari model bahasa berbasis AI ini adalah kemampuannya menyediakan platform komunikasi asinkron, yang memungkinkan siswa dan pengajar untuk berinteraksi tanpa terikat waktu yang sama. Pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan partisipasi dan kerja sama di antara siswa (Li & Xing, 2021).

Selain itu, ChatGPT juga dapat dimanfaatkan sebagai alat kolaboratif dalam pembelajaran. Misalnya, dengan dukungan AI ini, siswa dapat dibentuk dalam kelompok diskusi atau kerja tim, sehingga mereka bisa berkolaborasi dalam menyelesaikan tugas atau proyek bersama secara lebih efektif (Lewis, 2022).

Bagi para siswa, salah satu hasil utama dari penerapan kecerdasan buatan (AI) adalah peningkatan motivasi dan keterlibatan (Xia dkk., 2022). AI meningkatkan minat belajar mereka (Lin & Chang, 2020) dan memfasilitasi lingkungan pembelajaran interaktif melalui alat khusus seperti Smart Sparrow yang meningkatkan keterlibatan peserta didik dengan konten pendidikan (Karsenti, 2019). Banyak penelitian juga telah menunjukkan peningkatan prestasi akademik yang signifikan melalui bantuan teknologi AI (Khan dkk., 2021; Kim dkk., 2021). AI secara signifikan meningkatkan hasil belajar dan kebahagiaan siswa (Winkler & Soellner, 2018), memaksimalkan kemampuan belajar dan pencapaian siswa (Clarizia dkk., 2018). Salah satu alasan di balik motivasi dan prestasi yang tinggi ini mungkin adalah mempromosikan dan meningkatkan pengalaman pembelajaran personal (Cunningham-Nelson dkk., 2019).

ChatGPT juga dapat menjadi alat yang efektif dalam mendukung pembelajaran jarak jauh, terutama bagi siswa yang mengalami kendala untuk hadir di kelas secara fisik karena alasan kesehatan, baik fisik maupun mental (Barber et al., 2021). Teknologi kecerdasan buatan ini turut berkontribusi dalam membekali siswa dengan keterampilan abad ke-21, seperti kemampuan berpikir kritis dan kreativitas. Selain itu, AI juga dapat dimanfaatkan untuk mendukung proses penilaian terhadap keterampilan yang kompleks (Luckin & Holmes, 2016), serta merangsang pemikiran mendalam dalam konteks pembelajaran (Chiu, Xia, et al., 2023). Dalam pembelajaran bahasa, kecerdasan buatan memberikan ruang bagi dialog yang berkesinambungan, yang pada gilirannya dapat memperkuat kemampuan komunikasi siswa (Vázquez-Cano et al., 2021), meningkatkan semangat belajar kolaboratif (Ruan et al., 2019), dan mendorong penguatan keterampilan komunikasi antar

teman sebaya (Hill et al., 2015). Temuan-temuan ini mengindikasikan bahwa AI berpotensi besar dalam mendukung siswa dengan tantangan belajar, membantu mereka untuk berkembang secara maksimal.

Dari sisi afektif, penggunaan teknologi AI terbukti mampu meningkatkan kepercayaan diri siswa terhadap hasil belajarnya (Hsieh et al., 2020). Hal ini disebabkan oleh suasana belajar yang lebih menarik dan nyaman yang ditawarkan oleh AI (Rooein, 2019), sehingga bisa membantu menurunkan kecemasan dalam belajar (Kim et al., 2021). Interaksi antara manusia dan robot juga memberikan manfaat khusus bagi siswa berprestasi rendah, karena membantu mereka merasa lebih percaya diri dan tidak malu (Chiu, Moorhouse, et al., 2023).

Studi lain oleh Crompton dan koleganya (2019) juga menunjukkan bahwa intervensi berbasis AI efektif dalam mengurangi tingkat kecemasan di kalangan siswa sekolah menengah, yang menunjukkan potensi AI untuk menciptakan dampak positif dalam meningkatkan keterampilan serta kepercayaan diri yang esensial dalam menunjang keberhasilan akademik siswa.

7. Pemanfaatan AI untuk Guru dan Dosen

Dalam konteks pendidikan, implementasi teknologi kecerdasan buatan (AI) seperti AI untuk pengajaran, pembelajaran, dan administrasi telah menjadi aset yang sangat berharga bagi para guru. Integrasi teknologi AI telah menciptakan sikap positif dari para guru terhadap penggunaannya (Aldosari, 2020). Salah satu manfaat utama dari penggunaan teknologi AI adalah meningkatkan keterampilan mengajar (Jaiswal & Arun, 2021) dan kompetensi mengajar dengan memberikan inspirasi dan mendorong refleksi diri. Teknologi AI juga mengenalkan strategi mengajar yang adaptif (Alderman dkk., 2021) karena memperkaya wawasan guru tentang proses pembelajaran siswa dan menyediakan cara-cara untuk mendukung para pembelajar (Vincent & Van Der, 2020). AI beroperasi secara adaptif dengan mempertimbangkan tindakan dan emosi siswa (Graesser, 2016). Selain itu, teknologi AI juga memberikan pengembangan profesional bagi para guru

dengan menyediakan model evaluasi pengajaran dan memberikan saran untuk meningkatkan praktik pengajaran (Gunawan dkk., 2021; J. Hu, 2021)

Dalam hal penilaian siswa, teknologi AI menyajikan penilaian berdasarkan kemampuan kinerja mereka. Chatbot yang didukung AI digunakan untuk menciptakan sistem otomatis dan cerdas yang memungkinkan guru untuk menganalisis dan menilai kemampuan belajar siswa (Durall & Kapros, 2020). Selain itu, teknologi AI memungkinkan pemantauan proses pembelajaran siswa (Chiu, Moorhouse, dkk., 2023) dan pengumpulan data tentang pembelajaran siswa (Westera dkk., 2020). Berbagai data multimodal, seperti penginderaan fisiologis, pelacakan mata, dan elektroensefalografi, telah digunakan untuk memahami pemahaman siswa yang kompleks, memungkinkan prediksi berkualitas tinggi terhadap kinerja pembelajaran mereka (Giannakos dkk., 2019). Fitur AI canggih, seperti pengenalan suara dan koreksi pelafalan, juga memiliki potensi untuk memfasilitasi perolehan keterampilan bahasa asing (Vincent & Van Der, 2020).

Teknologi AI juga dapat menggantikan sebagian besar pekerjaan berulang, mengurangi beban kerja guru dan. Chatbot mengurangi beban administratif guru dengan menilai tugas siswa, memberi nilai, dan memberikan umpan balik kepada siswa (Chen et al., 2020; Cunningham-Nelson et al., 2019). Contohnya, AutoGradr dan Repl.it secara otomatis memberi nilai tugas dan tes, menghemat banyak waktu bagi guru yang dapat digunakan untuk merencanakan pelajaran, memberikan dukungan kepada siswa, dan pengembangan profesional. Selain itu, sistem manajemen pembelajaran berbasis AI juga memberikan banyak manfaat bagi siswa dan guru. Beberapa universitas telah mulai menggunakan chatbot untuk menjawab pertanyaan siswa dan membantu mereka di luar jam kerja. Chatbot juga digunakan di perpustakaan, urusan mahasiswa, restoran sekolah, dan program akademik untuk memberikan pembelajaran yang dipersonalisasi, mendukung siswa, memfasilitasi tugas, serta mendukung evaluasi. Seiring berkembangnya teknologi AI, diharapkan akan muncul sistem manajemen

pembelajaran yang lebih canggih di masa depan (Koedinger et al., 2012, Ramesh & Lakshmi, 2018, Saha & Al Amri, 2019)

Meskipun ChatGPT menjanjikan berbagai manfaat bagi penilaian di perguruan tinggi, terdapat beberapa tantangan utama yang mungkin dihadapi oleh ChatGPT dan model bahasa kecerdasan buatan lainnya dalam konteks penilaian di pendidikan tinggi. Salah satu tantangan yang dihadapi dalam menggunakan GPT-3 untuk penilaian di perguruan tinggi adalah risiko terjadinya plagiarisme. Sistem penulisan esai berbasis AI dirancang untuk menghasilkan esai berdasarkan parameter atau petunjuk tertentu. Akibatnya, ada kemungkinan siswa dapat menyalahgunakan sistem ini untuk menipu dalam tugas mereka dengan mengirimkan esai yang bukan hasil karya mereka sendiri (Dehouche, 2021).

8. Biologi Molekuler

Istilah biologi molekuler pertama kali dicetuskan oleh William Astbury pada tahun 1945. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia disebutkan bahwa: Biologi adalah ilmu tentang keadaan dan sifat makhluk hidup (manusia, binatang, tumbuh-tumbuhan); ilmu hayat. Molekuler adalah sesuatu yang bersangkutan dengan molekul. Secara umum, pengertian dari biologi molekuler adalah suatu cabang ilmu biologi yang mengkaji tentang organisasi dan fungsi organisme atau makhluk hidup ditinjau dari struktur dan juga komponen penyusunnya atau regulasi molekuler unsur.

Objek kajian dari biologi molekuler adalah organisme dalam skala molekul, seperti DNA, RNA, sintesis protein, dan molekul itu sendiri. Beberapa teknik dasar yang digunakan dalam biologi molekuler, yaitu:

- a. PCR (Polymerase Chain Reaction), yakni metode perbanyakan DNA secara enzimatik
- b. RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), yakni proses pemotongan DNA menjadi fragmen-fragmen dengan panjang yang berbeda
- c. Gel Elektroforensis, yakni proses pemisahan molekul berdasarkan ukuran dan muatannya di atas medan listrik

- d. Enzyme Linked Immunosorbent Assay, yakni uji serologik untuk mendeteksi antigen atau antibodi pada berbagai jenis penyakit infeksius, non-infeksius, kanker, hormon, dan alergen makanan.
- e. Radioisotop, yaitu isotop yang bersifat labil dan bisa mengalami peluruhan.
- f. Sentrifugal, yakni metode yang digunakan untuk fraksionasi atau pemisahan bagian-bagian sel atau organel dan molekul.

Di Jurusan Teknologi Laboratorium Medis, Mata Kuliah Biologi Molekuler diberikan pada 3 semester dengan jumlah total SKS sebanyak 6 SKS dengan 3 SKS Teori dan 3 SKS Praktikum. Adapun materi pembahasan mengenai DNA dan RNA kromosomal, DNA ekstrakromosomal, dogma sentral meliputi replikasi transkripsi dan translasi, folding protein, regulasi ekspresi gen pada prokariot dan eukariot, mutase dan perbaikannya, alur kerja laboratorium biologi molekuler, isolasi asam nukleat, pengukuran konsentrasi dan kemurnian asam nukleat, amplifikasi DNA dengan PCR dan elektroforesis gel agarose untuk analisis hasil amplifikasi dengan PCR

Konvensional, plasmid, teknologi DNA rekombinan dimulai dari tahap hulu (persiapan plasmid, persiapan DNA sisipan, enzim restriksi, ligasi, transformasi dan seleksi transforman), tahap fermentasi (overekspresi dan regulasinya) dan tahap hilir (karakter protein, isolasi protein, purifikasi, dan analisis protein) serta perkembangan analisis protein terupdate, bioinformatika dan aplikasinya dalam pengobatan dan pencegahan (vaksin), bioinformatika untuk analisis penyejajaran urutan DNA/RNA dan protein, pohon filogenetik, design primer, analisis urutan asam nukleat, analisis protein, visualisasi protein, DNA sintetik, amplifikasi menggunakan real-time PCR, serta macam-macam PCR lainnya, dan teknik molekuler lainnya seperti blotting dan sequencing.

9. Era Society 5.0

Society 5.0, sebagaimana didefinisikan oleh pemerintah Jepang yang merupakan penggagas utamanya, merupakan “masyarakat berpusat pada manusia yang mampu menyeimbangkan kemajuan ekonomi dengan

penyelesaian berbagai permasalahan sosial melalui integrasi tinggi antara dunia maya dan dunia fisik.” Definisi ini mencerminkan bahwa konsep Society 5.0 bukan sekadar transformasi teknologi, melainkan juga pendekatan yang mengedepankan nilai-nilai kemanusiaan dan humaniora dalam penerapannya.

Saat ini dunia masih berada dalam era Industri 4.0 yang ditandai dengan dominasi sistem berbasis informasi menggantikan paradigma lama yang berorientasi pada mesin dan manufaktur. Namun, Society 5.0 hadir sebagai lompatan gagasan yang menantang pandangan bahwa revolusi teknologi telah mencapai titik jenuh. Dengan menawarkan penyempurnaan terhadap konsep-konsep sebelumnya, Society 5.0 diharapkan mampu membawa perubahan positif yang lebih menyeluruh bagi masyarakat global.

Konsep ini pertama kali diperkenalkan secara luas dalam ajang teknologi internasional CeBIT (Centrum der Büro- und Informationstechnik) pada tahun 2017. Namun sesungguhnya, gagasan tersebut telah tercantum dalam Rencana Dasar Sains dan Teknologi ke-5 Jepang sejak tahun 2016, yang digagas oleh Kementerian Sains dan Teknologi Jepang.

Lahirnya konsep Society 5.0 dilatarbelakangi oleh kesadaran akan keterbatasan manusia dalam menyaring dan memahami informasi di tengah derasnya arus digital. Beban informasi yang berlebihan dapat menimbulkan kelelahan kognitif. Selain itu, kendala seperti usia dan variasi keahlian turut membatasi kapasitas manusia dalam merespons tantangan zaman.

Oleh karena itu, Society 5.0 hadir dengan solusi berupa integrasi mesin cerdas dan kecerdasan buatan (AI) untuk mendampingi dan meringankan beban manusia. Dengan demikian, masyarakat dapat lebih fokus dalam menciptakan inovasi, berkreasi, serta menggali potensi ide-ide baru secara lebih aktif dan produktif.

Selain diklaim akan menyeimbangkan solusi atas permasalahan sosial dan kemajuan ekonomi, Masyarakat 5.0 membuat masyarakat memiliki rasa hormat antara satu dengan yang lain. Tatanan ini pun diyakini bisa memperpanjang generasi dan menciptakan kenyamanan setiap orang dalam

kehidupan yang produktif. Berikut tiga target utama dari dilaksanakannya Masyarakat 5.0 sebagaimana dipaparkan oleh Keidanren (Kamar Dagang Jepang).

a. Pembaruan Individu

Ini artinya setiap individu mempunyai kesempatan untuk mengembangkan dirinya. Setiap orang dijamin untuk hidup sehat, aman, dan nyaman, tak terkecuali lansia. Jadi, masing-masing individu bisa merasakan kehidupan yang sesuai keinginannya.

b. Pembaruan Perusahaan

Dalam tatanan Masyarakat 5.0, setiap perusahaan diharapkan untuk membangun nilai-nilai baru. Selama digitalisasi dan pembaruan model bisnis dilakukan, terjadi peningkatan produktivitas. Pada saat yang bersamaan, bentuk baru ekonomi dan sosial diwujudkan bersamaan dengan inovasi dan globalisasi yang meningkat.

c. Penyelesaian Masalah Sosial

Masa depan yang baru hanya bisa diwujudkan ketika permasalahan sosial, seperti berkurangnya jumlah populasi, kesejahteraan lansia, dan bencana alam diselesaikan. Selain itu, kontribusi dalam masalah global dapat dilaksanakan jika perluasan dalam bidang layanan dan bisnis dilakukan.

Perkembangan pesat dalam teknologi informasi dan komunikasi telah memicu perubahan besar di berbagai sektor kehidupan, termasuk industri dan masyarakat secara keseluruhan. Transformasi ini tidak hanya memunculkan nilai-nilai baru, tetapi juga menjadi landasan bagi berbagai kebijakan industri di berbagai negara. Di sektor pendidikan, perubahan ini secara langsung berdampak pada pergeseran peran guru di era Society 5.0.

Dalam era ini, pendidikan diarahkan untuk menciptakan masyarakat yang seimbang, di mana internet tidak lagi sekadar menjadi sarana pencarian informasi, melainkan telah menjadi bagian integral dari kehidupan manusia. Teknologi bukan hanya alat bantu, melainkan melekat dalam aktivitas sehari-hari dan turut membentuk cara manusia berinteraksi serta menyelesaikan masalah.

Kehadiran perangkat seperti smartphone, komputer, dan akses internet telah menjelma menjadi kebutuhan mendasar dalam kehidupan modern. Society 5.0 juga dikenal sebagai era disrupsi, karena hampir seluruh aspek aktivitas manusia telah berpindah ke ranah digital. Di tengah perubahan ini, pendidikan memiliki peran strategis dalam mencetak sumber daya manusia yang unggul dan adaptif terhadap tantangan zaman.

Namun, peran pendidikan tidak dapat berdiri sendiri. Untuk menyongsong era Society 5.0 secara optimal, diperlukan sinergi dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, organisasi masyarakat, dan seluruh elemen masyarakat lintas sektor. Kolaborasi ini penting guna memastikan bahwa transformasi teknologi membawa manfaat yang merata serta mampu menjawab tantangan sosial dan ekonomi yang mungkin muncul di masa depan.

Istilah pendidikan 5.0 merupakan istilah yang digunakan secara umum oleh pakar pendidikan untuk menggambarkan berbagai cara untuk mengintegrasikan teknologi cyber baik itu secara fisik atau tidak dalam pembelajaran. Selain itu, pendidikan 5.0 juga merupakan fenomena yang timbul sebagai respons terhadap kebutuhan revolusi 4.0 dimana manusia dan mesin diselaraskan untuk memperoleh solusi, memecahkan berbagai masalah yang dihadapi, serta menemukan berbagai inovasi baru yang memungkinkan dapat dimanfaatkan bagi perbaikan masyarakat modern. Latip mengemukakan setidaknya ada empat kompetensi yang harus dimiliki oleh guru pada era *Society 5.0* ini antara lain:

- a. Guru harus mampu melakukan penelitian secara komprehensif
- b. Guru harus memiliki kompetensi abad 21
- c. Guru harus mampu menyajikan modul sesuai passion peserta didik
- d. Guru harus mampu melakukan autentik learning yang inovatif

Pembelajaran abad 21 merupakan era pembelajaran yang dicirikan dengan berkembangnya informasi secara digital. Salah satunya dengan melalui pembelajaran terpadu atau secara blended learning. Blended learning merupakan kombinasi antara pembelajaran berbasis online dengan

pembelajaran melalui tatap muka secara langsung yang menggabungkan konsep pembelajaran umum dengan pembelajaran berbasis teknologi. Selain itu, untuk menghadapi tantangan dari *Society 5.0* dalam dunia pendidikan, diperlukan kecakapan yang lebih dikenal dengan istilah 4C yang meliputi:

- a. *Creativity*, yaitu kemampuan kemampuan yang dimiliki individu untuk berpikir kreatif, secara luas, dan bahkan di luar kebiasaan sehingga individu tersebut dapat menghadapi permasalahan yang ada dan juga dapat menciptakan sesuatu yang baru dan berbeda. Hal ini dikarenakan orang yang kreatif cenderung tidak terpaku pada satu sudut pandang saja, melainkan mereka mencoba melihat sudut pandang yang lain untuk menghasilkan suatu hal yang baru dan bahkan unik. Seperti contohnya seorang guru dapat menggunakan teknologi yang semakin maju dalam melakukan pembelajaran di kelas agar siswanya semakin tertarik dan memperhatikan. Hal ini dikarenakan tidak dapat dipungkiri bahwa anak muda jaman sekarang sangat tertarik dengan perkembangan teknologi, sehingga guru dapat memanfaatkan minat mereka untuk mengembangkan teknik pembelajaran yang sudah ada.
- b. *Critical thinking*, yaitu kemampuan untuk berpikir lebih jernih dan rasional dalam menghadapi persoalan maupun terhadap apa yang harus dilakukan. Hal ini menyebabkan seseorang cenderung tidak menerima suatu informasi secara mentah-mentah, karena mereka cenderung menganalisis dan mengevaluasi kebenaran dari informasi tersebut terlebih dahulu dengan melihat beberapa sudut pandang yang berbeda.
- c. *Communication*, yaitu keterampilan komunikasi agar individu dapat membangun hubungan dengan siapa saja dan di mana saja, baik di lingkungan keluarga, usaha, kantor, dan lainnya. Komunikasi sangat dibutuhkan dalam suatu pembelajaran, apalagi dalam perkembangan teknologi yang semakin maju dimana ada beberapa informasi yang dibutuhkan kebenarannya. Sehingga, dibutuhkan komunikasi antara pengajar dan siswa dalam rangka terciptanya proses pembelajaran.

- d. *Collaboration*, yaitu kemampuan untuk dapat bekerja sama antara satu individu dengan individu yang lain. Hal ini dibutuhkan dalam menyelesaikan beberapa permasalahan yang dibutuhkan pemikiran ataupun tindakan dari beberapa orang guna menghindari kegagalan yang mungkin saja terjadi. Contohnya dalam penerapan *Society 5.0* pada pembelajaran adalah berkolaborasi dengan seseorang yang lebih paham mengenai teknologi, agar teknologi tersebut dapat digunakan secara maksimal.

D. Landasan Kebijakan

Landasan kebijakan pada penelitian ini:

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional

Pada BAB I, Pasal 1, dinyatakan bahwa: Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara.

Pada BAB II, Pasal 3 disebutkan Pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.

Pada Bab V pasal 12 ayat (2) Setiap peserta didik berkewajiban: menjaga norma-norma pendidikan untuk menjamin keberlangsungan proses dan keberhasilan Pendidikan.

2. Undang-Undang RI No.12 tahun 2012 tentang Sistem Pendidikan Tinggi

Pada Bab I, Ketentuan Umum, Pasal 1, Ayat 4 menyebutkan Teknologi adalah penerapan dan pemanfaatan berbagai cabang Ilmu Pengetahuan yang menghasilkan nilai bagi pemenuhan kebutuhan dan kelangsungan hidup, serta peningkatan mutu kehidupan manusia.

Pasal 4, menyatakan bahwa Pendidikan Tinggi berfungsi:

- a. mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa;
- b. mengembangkan Sivitas Akademika yang inovatif, responsif, kreatif, terampil, berdaya saing, dan kooperatif melalui pelaksanaan Tridharma; dan
- c. mengembangkan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dengan memperhatikan dan menerapkan nilai Humaniora.

Pasal 5, Pendidikan Tinggi bertujuan:

- a. berkembangnya potensi Mahasiswa agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, terampil, kompeten, dan berbudaya untuk kepentingan bangsa.
- b. dihasilkannya lulusan yang menguasai cabang Ilmu Pengetahuan dan/atau Teknologi untuk memenuhi kepentingan nasional dan peningkatan daya saing bangsa.

3. Permendikbudristek RI No.53 tahun 2023 tentang Penjaminan Mutu Pendidikan Tinggi

Pada Bab II, Pasal 3, disebutkan bahwa Standar Nasional Pendidikan Tinggi bertujuan untuk:

- a. memberikan kerangka penyelenggaraan pendidikan tinggi untuk mencapai tujuan pendidikan tinggi yang berperan strategis dalam mencerdaskan kehidupan bangsa,serta memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kemajuan pembangunan bangsa Indonesia yang berkelanjutan.
- b. menjamin penyelenggaraan pendidikan tinggi yang efektif, inklusif, dan adaptif sesuai dinamika perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan kehidupan Masyarakat.

- c. menjamin penyelenggaraan pendidikan tinggi untuk menghasilkan sumber daya manusia unggul dan
 - d. mendorong perguruan tinggi untuk secara berkelanjutan meningkatkan mutu melampaui SN Dikti.
4. Permendikbud no 3 tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
- Pada Bab I pasal 3, disebutkan Pendidikan Tinggi bertujuan untuk: menjamin tercapainya tujuan Pendidikan Tinggi yang berperan strategis dalam mencerdaskan kehidupan bangsa, memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan menerapkan nilai humaniora serta kebudayaan dan pemberdayaan bangsa Indonesia yang berkelanjutan.
5. UU RI No 36 Tahun 2014 Tentang Tenaga Kesehatan, pada poin pertimbangan dinyatakan bahwa penyelenggaraan upaya kesehatan harus dilakukan oleh tenaga kesehatan yang bertanggung jawab dan memiliki etik dan moral yang tinggi, keahlian dan kewenangan yang secara terus menerus ditingkatkan mutunya melalui pendidikan dan pelatihan berkelanjutan.
6. Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 17 Tahun 2010 Tentang: Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan (Pasal 54, Pasal 55, dan pasal-pasal terkait teknologi informasi dan komunikasi). Mengatur secara nasional bagaimana penyelenggaraan dan pengelolaan pendidikan dilakukan oleh pemerintah pusat dan daerah, termasuk pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) sebagai sarana penunjang pembelajaran. Pada Pasal 54 ayat (1–4) menyatakan bahwa Institusi pendidikan wajib memanfaatkan TIK untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran. TIK digunakan dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran. Diperlukan sumber daya manusia yang kompeten dalam bidang teknologi untuk menunjang penggunaan TIK dalam pendidikan. Kemudian Pasal 55 ayat (1–3) menyatakan bahwa Pemerintah dan pemerintah daerah bertanggung jawab dalam penyediaan sarana, prasarana, dan pelatihan pendidik serta tenaga kependidikan dalam memanfaatkan TIK. Teknologi digunakan untuk menunjang akses, mutu, dan efisiensi pembelajaran. Mendorong institusi

pendidikan agar mengembangkan pembelajaran berbasis teknologi digital sebagai inovasi pembelajaran masa depan.

PP No. 17/2010 menjadi kerangka hukum nasional yang mewajibkan penggunaan dan pengelolaan TIK (termasuk AI) sebagai bagian integral dari proses pendidikan. Ini menjadi landasan bagi lembaga pendidikan tinggi kesehatan dalam menyusun strategi pembelajaran Biologi Molekuler yang inovatif dan digital.

7. Permendikbud Nomor 22 Tahun 2022 Tentang Standar Proses Pendidikan pada Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah menetapkan standar proses pembelajaran untuk menjamin kualitas pembelajaran dan relevansi kompetensi peserta didik terhadap kebutuhan zaman, termasuk melalui penggunaan teknologi. Pasal 3 dan 4 menyatakan bahwa proses pembelajaran harus berpusat pada peserta didik dan menggunakan berbagai pendekatan, termasuk teknologi digital untuk meningkatkan partisipasi aktif, reflektif, dan kolaboratif. Selanjutnya Pasal 6 menyatakan bahwa diperlukan pemanfaatan teknologi digital yang mendukung pembelajaran sesuai dengan karakteristik dan konteks peserta didik serta lingkungan belajar. Teknologi digunakan untuk mengembangkan kreativitas, inovasi, dan daya nalar siswa.

Lampiran Permendikbud 22/2022 (Standar Proses) menekankan pentingnya integrasi teknologi pendidikan untuk mencapai tujuan pembelajaran. Guru atau dosen diarahkan untuk merancang pembelajaran adaptif dan personalisasi dengan bantuan teknologi, termasuk dalam penyusunan modul ajar, asesmen, dan evaluasi.

E. Penelitian Terdahulu yang Relevan

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1
Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Judul	Sumber Referensi	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Pemanfaatan Artificial Intelegent (AI)	Djantama S. 2023 Dewantrech: Jurnal Teknologi	Penggunaan ChatGPT dalam pendidikan	Pemanfaatan AI dalam dunia pendidikan	Manajemen teknologi pendidikan

No	Judul	Sumber Referensi	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
	dalam Dunia Pendidikan	Pendidikan Vol. 1 No. 1 Agustus 2023, Hal. 8-14	memberikan banyak manfaat bagi siswa, termasuk peningkatan keterlibatan motivasi dan keterampilan abad ke-21		era 5.0 dan Biologi Molekuler
2	Peran Pendidikan Indonesia di Era <i>Society</i> 5.0	Handjowo, dkk. (2023) ETNIK Jurnal Ekonomi-Teknik Vol. 2 Issue No. 5 Pages 423	Pendidikan Indonesia masih banyak menghadapi tantangan masa depan	Pendidikan di era <i>Society</i> 5.0	AI, manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
3	Pengaruh Penggunaan Kecerdasan Buatan Terhadap Mahasiswa Perguruan Tinggi	Kharisma Agustya, dkk, 2023 Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sistem Informasi	Penggunaan AI berpengaruh terhadap mahasiswa	Penggunaan AI oleh mahasiswa	Perguruan tinggi kesehatan, era 5.0, manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
4	Implementasi Teknologi Artificial Intelligence (AI) dalam Bidang Pendidikan	Zahara, SL, (2023) JPSP Vol. 3 No. 1 Tahun 2023	Implementasi AI mempermudah urusan pendidik terutama dalam hal administratif mempermudah tugas guru dan siswa dalam proses belajar mengajar dan siswa	Penggunaan AI dalam pendidikan	Era 5.0, manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
5	Transformasi Pembelajaran Kimia melalui Pemanfaatan Kecerdasan Buatan (AI) pada Era <i>Society</i> 5.0	Jakub Saddam Akbar, Djakariah, Edudikara: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Vol. 9, No. 1(2024), pp. 19-26 p-ISSN: 2541-0261, e-ISSN: 2745-9969Homepage: https://ojs.itapi.or.id/index.php/Edudikara	Kehadiran AI telah mengubah secara mendasar cara pembelajaran kimia dilakukan, menawarkan potensi besar untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa dan mendorong kemajuan riset kimia di masa depan	Penggunaan AI dalam pendidikan	Era 5.0, manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
6	Analisis Manajemen	Agus Sugiarto, 2022 Dewantara Seminar Nasional	STEM merupakan salah	<i>Society</i> 5.0	Penggunaan AI,

No	Judul	Sumber Referensi	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
	Pembelajaran Berbasis Stem untuk Menghadapi Era 5.0 <i>Society</i>	Pendidikan, Pascasarjana Pendidikan UST Desember 2022	satu pendekatan yang mampu memberikan persiapan bagi siswa dalam menghadapi era <i>Society</i> 5.0, karena STEM merupakan salah satu ciri pembelajaran yang mengajarkan dan melatih keterampilan-keterampilan abad-21 yang diperlukan pada era <i>Society</i> 5.0.		Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
6	Revolusi Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0; Pembelajaran, Tantangan, Peluang, Akses, Dan Keterampilan Teknologi	Almirah Nur Sakiinah, Alfi Fadliya Putri Mahya, Gunawan Santoso, Jurnal Pendidikan Transformatif (Jupetra) e-ISSN: 2963-3176 Vol. 01 No. 02 (2022): November 2022	Teknologi dapat menjadi alat yang sangat berguna untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa	Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0;	Penggunaan AI, Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
7	Artificial Intelligence dan Pendidikan Era <i>Society</i> 5.0	Riskey Oktavian, Riantina Fitra Aldya, Rio Febrianto Arifendi Inteligensi : Jurnal Ilmu Pendidikan Vol. 6, No.2, 2023. Hal 143-150 Tersedia online di https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/inteligensi ISSN 2656-601X (online) ISSN 2656-8675 (cetak)	AI memiliki keunggulan karena dapat secara cepat dalam pembuatan dan penilaian konten, mengotomatiskan tugas-tugas dalam bidang pendidikan, namun juga memiliki kelemahan karena memiliki risiko dalam penanganan masalah privasi, bias algoritmik, dan kontrol transparansi. AI sendiri tidak dapat mengganti posisi guru karena tidak	Penggunaan AI, Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0;	Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler

No	Judul	Sumber Referensi	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
			dapat memantau perkembangan siswa secara signifikan		
8	Pemanfaatan Artificial Intelligence dalam Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0	Novrita Mulya Rosa, Ahmad Suryadi, Robiatul Adawiyah. Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia Vol. 2, No. 1 Oktober 2024, Hal. 157-163 DOI: https://doi.org/10.62017/jpmi	Meningkatkan kesadaran dan motivasi guru untuk memiliki kemampuan literasi digital di era <i>Society</i> 5 serta meningkatkan pengetahuan dan kemampuan guru-guru di SMPN 2 Gunung Kaler akan pemanfaatan Artificial Intelligence dalam bidang pendidikan.	Penggunaan AI, Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0;	Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
9	Riset Biologi Berbasis STEM di Era Metaverse	Fauziah Harahap, 2023 Prosiding Seminar Nasional BIOTIK, Biologi, Teknologi dan Pendidikan	Revolusi Industri 4.0 dan era <i>Society</i> 5.0 saat ini sedang kita hadapi. Seiring dengan hal tersebut, maka riset biologi juga berkembang pesat. STEM berperan penting dalam menggali potensi Biodiversitas dan riset biologi melalui berbagai model pembelajaran yang mengasah kemampuan berfikir kritis, berfikir kreatif, berkomunikasi dengan baik, berfikir tingkat tinggi (HOTS)	Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0;	Penggunaan AI, Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
10	Pemanfaatan Media Pembelajaran	Jakub Saddam Akbar, Djakaria Oxygenius Vol.5,No.1:46-53 ISSN 2686-	Pemanfaatan media pembelajaran	Teknologi dalam pembelajaran	Penggunaan AI, Manajemen

No	Judul	Sumber Referensi	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
	Berbasis Android Menggunakan Pendekatan inkuiri Untuk Memperkuat Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) Calon Guru	4649doi10.37033/ojce.v4i2.549	berbasis android menggunakan pendekatan Inkuiri dapat memperkuat Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) calon Guru karena dapat melatih, membentuk habit dan memberikan kepercayaan diri bagi calon guru untuk menguasai konten materi yang akan diajarkan serta memadukan pedagogi dengan teknologi yang digunakan		teknologi pendidikan, biologi molekuler
11	Editorial Position Paper: Exploring The Potential Of Generative Artificial Intelligence In Educational Challenge And Future Research Direction	Hwang, GJ., Chen, NS. Editorial Position Paper, Exploring the Potential of Generative Artificial Intelligence in Education	Membina kompetensi guru dan siswa dalam bidang pemrograman berpengaruh signifikan terhadap kualitas pengajaran dan pembelajaran berbasis AI	Pembelajaran berbasis AI	Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0; Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
12	Artificial Intelligence for Biology	Soha Hassoun 2023, Integrative and Comparative Biology Integrative and Comparative Biology, volume 61, number 6, pp. 2267–2275 https://doi.org/10.1093/icb/icab188 <i>Society for Integrative and Comparative Biology</i>	Teknologi AI tidak hanya memungkinkan kita untuk mengumpulkan, menghubungkan, dan menganalisis data pada skala yang belum pernah ada sebelumnya, tetapi juga untuk membangun model prediktif komprehensif yang mencakup berbagai	Pembelajaran berbasis AI	Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0; Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler

No	Judul	Sumber Referensi	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
			subdisiplin. Teknologi ini memungkinkan penemuan yang ditargetkan (menguji hipotesis tertentu) dan tidak ditargetkan. AI untuk biologi akan menjadi teknologi lintas sektor yang akan meningkatkan kemampuan untuk melakukan penelitian biologi pada setiap skala.		
13	Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings	Selin Akgun, · Christine Greenhow 2021, AI and Ethics (2022) 2:431–440 https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7	Meskipun AI berpotensi memberikan manfaat untuk mendukung pengalaman belajar siswa dan praktik guru, kelemahan etika dan sosial dari sistem ini jarang dipertimbangkan secara menyeluruh dalam konteks pendidikan K-12. Tantangan etika AI dalam pendidikan harus diidentifikasi dan diperkenalkan kepada guru dan siswa.	Pembelajaran berbasis AI	Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0; Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
14	Transforming Education: A Comprehensive Review of Generative Artificial Intelligence in Educational Settings through Bibliometric and Content Analysis	Zied Bahroun, Chiraz Anane, Vian Ahmed and Andrew Zacca Department of Industrial Engineering, College of Engineering, American University of Sharjah, Sharjah P.O. Box 26666, United Arab Emirates; vahmed@aus.edu (V.A.); b00084411@aus.edu (A.Z.)	ChatGPT muncul sebagai alat GAI yang dominan, dan analisis tersebut mengungkap pertumbuhan yang signifikan dan eksponensial dalam penelitian GAI pada tahun 2023. Arah penelitian masa	Pembelajaran berbasis AI	Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0; Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler

No	Judul	Sumber Referensi	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
			depan yang menjanjikan, seperti desain kurikulum yang disempurnakan dengan GAI dan studi longitudinal yang melacak dampak jangka panjangnya pada hasil pembelajaran.		
15	Artificial Intelligence In A Modernizing Science And Technology Education: A Textual Narrative Synthesis In The COVID-19 era	Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: a narrative overview. <i>Procedia Computer Science</i> , 136, 16–24.	Empat kategori: konten pendidikan yang disesuaikan, metode pengajaran yang inovatif, penilaian yang ditingkatkan dengan teknologi, komunikasi antara mahasiswa dan dosen. Setelah meninjau berbagai publikasi tentang subjek tersebut, kami menyajikan di sini gambaran yang mungkin tentang bagaimana Kecerdasan Buatan (AI) akan membentuk kembali lanskap pendidikan.	Pembelajaran berbasis AI	Pendidikan di Era <i>Society</i> 5.0; Manajemen teknologi pendidikan, biologi molekuler
16	Inovasi Pembelajaran Berbasis AI dan IoT: Strategi Pembelajaran Biologi pada Society 5.0	Dian Ratna Sari Jurnal: BIOCHEPHY: Journal of Science Education DOI: 10.52562/biochephy.v4i2.1329	Pemanfaatan AI dan IoT dalam pembelajaran biologi di era Society 5.0. Studi ini menunjukkan bahwa teknologi tersebut dapat meningkatkan strategi pemecahan masalah, pembelajaran	Sama-sama berbasis pada Society 5.0. Mengintegrasikan AI dan IoT dalam strategi pembelajaran. Fokus pada pembelajaran biologi, umumnya (tidak spesifik molekuler).	Menggunakan pendekatan manajemen: perencanaan, pelaksanaan, evaluasi teknologi pendidikan. Fokus pada Biologi Molekuler, subbidang khusus dari biologi yang

No	Judul	Sumber Referensi	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
			berkelanjutan, kecerdasan sosial, kreativitas, dan sinergi antara manusia dan AI.	Meningkatkan efektivitas pembelajaran biologi dengan inovasi digital.	membutuhkan pendekatan visual dan teknologi canggih.
17	Transformasi Pembelajaran Biologi Berbasis AI untuk Meningkatkan Kompetensi Calon Guru Masa Depan	Novie Ary Priyanti, Sri Wahyuni Jurnal Pembelajaran dan Riset Pendidikan Open Journal Systems DOI: 10.28926/jprp.v2i4.1709	Penelitian ini mengevaluasi efektivitas penerapan AI dalam pembelajaran biologi untuk calon guru. Hasilnya menunjukkan peningkatan dalam pemahaman konsep biologi, keterampilan pedagogik, dan kemampuan manajemen kelas.	Sama-sama mengangkat teknologi AI dalam pembelajaran biologi. Meningkatkan kompetensi peserta didik (mahasiswa vokasi). Mengintegrasikan teknologi cerdas (AI) dalam proses belajar.	Fokus pada manajemen teknologi pendidikan: perencanaan, pelaksanaan, evaluasi AI dalam pembelajaran. Spesifik pada Biologi Molekuler, yang menuntut pemahaman kompleks dan visualisasi.
18	Artificial Intelligence: Solusi Pembelajaran Era Digital 5.0	Iqbal Anas, Supratman Zakir Tunas Bangsa E-Jurnal Jurnal Penelitian Sains dan Pendidikan (JPSP) DOI: 10.23971/jpsp.v2i2.4036	Penelitian ini membahas bagaimana AI dapat menjadi solusi dalam pembelajaran era digital 5.0, termasuk personalisasi pembelajaran, umpan balik real-time, dan tutor virtual.	Sama-sama menggunakan Artificial Intelligence (AI) sebagai solusi pembelajaran. AI sebagai alat untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa	Fokus pada peran umum AI sebagai solusi digital dalam pembelajaran berbagai mata pelajaran. Tidak spesifik pada bidang keilmuan tertentu.