PEMANFAATAN DEEP LEARNING DALAM PEMBELAJARAN BIOLOGI : MENINGKATKAN LITERASI GENETIK DI ERA AI

Cirtye Labesani[1], Atika Novince[2], Nana Sutrisna[3], Efriana Jon, Vani Maharani Nasution[5], Whilis Putri Pitaloka[6]

[1,2]Universitas Kristen Tentena
[3,4]STKIP Muhammadiyah Sungai Penuh
[5]Universitas Media Nusantara Citra
[6]Universitas Palangka Raya
E-mail : [1]labesanicirtye@gmail.com, [2]atikakawalangi@gmail.com, [3]nanasutrisna02@gmail.com, [4]efrianajon86@gmail.com, [5]vanimaharaninasution@gmail.com, [6]mimo.samialbarra21@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya *deep learning*, telah membuka peluang baru dalam dunia pendidikan, termasuk pembelajaran Biologi. Artikel ini membahas bagaimana penerapan deep learning dapat digunakan sebagai alat bantu dalam meningkatkan literasi genetik di kalangan pelajar. Literasi genetik mencakup pemahaman konsep dasar genetika, interpretasi data biologis, dan penerapan pengetahuan dalam konteks kehidupan nyata. Melalui pemanfaatan algoritma deep learning—seperti model prediksi urutan gen, visualisasi struktur DNA, dan simulasi ekspresi gen—proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, personal, dan berbasis data nyata. Dengan pendekatan ini, peserta didik tidak hanya memahami materi secara konseptual, tetapi juga mampu berpikir kritis terhadap data biologis kompleks yang relevan di era bioteknologi dan AI. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi deep learning dalam pembelajaran Biologi dapat meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep genetik, dan kesiapan pelajar menghadapi tantangan di era digital.

Kata Kunci : *Deep Learning, Literasi Genetik, Pembelajaran Biologi, Kecerdasan Buatan, Pendidikan Abad 21*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah memberikan pengaruh signifikan terhadap berbagai bidang kehidupan, termasuk dalam dunia pendidikan. Salah satu cabang AI yang berkembang pesat adalah *deep learning*, yaitu teknik pembelajaran mesin berbasis jaringan saraf tiruan (neural networks) yang mampu mengenali pola kompleks dan belajar dari data dalam jumlah besar (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). Dalam konteks pembelajaran Biologi, khususnya genetika, teknologi ini menawarkan pendekatan inovatif yang dapat memperkaya metode pengajaran dan pemahaman konsep ilmiah yang kompleks.

Literasi genetik menjadi keterampilan penting di abad ke-21, mengingat meningkatnya relevansi informasi genetik dalam kesehatan, lingkungan, dan bioteknologi. National Research Council (1996) menyatakan bahwa kemampuan memahami konsep genetik dan menginterpretasi data biologis merupakan bagian dari scientific literacy yang harus dimiliki oleh pelajar untuk dapat berpartisipasi secara aktif dalam masyarakat berbasis sains dan teknologi. Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa banyak peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi genetika yang bersifat abstrak dan konseptual (Tsui & Treagust, 2013).

Penggunaan teknologi digital dalam pendidikan telah menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. Dalam hal ini, *deep learning* dapat dimanfaatkan untuk menciptakan media pembelajaran adaptif, simulasi genetika, hingga sistem visualisasi interaktif berbasis data biologis nyata. Seperti dikemukakan oleh Holmes et al. (2019), AI dalam pendidikan memiliki potensi untuk mempersonalisasi pengalaman belajar dan memberikan umpan balik real-time yang mendalam. Dengan demikian, pemanfaatan *deep learning* diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan literasi genetik di era AI ini.

Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi *deep learning* dapat diintegrasikan secara efektif dalam pembelajaran Biologi, khususnya untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep genetika. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis peran deep learning dalam meningkatkan literasi genetik, serta implikasinya bagi strategi pengajaran Biologi yang relevan dengan tantangan era digital.

Dalam pelaksanaan pembelajaran Biologi, khususnya pada materi genetika, ditemukan berbagai permasalahan yang menghambat pencapaian kompetensi siswa secara optimal. Salah satu kendala utama adalah abstraknya konsep-konsep genetik seperti struktur DNA, replikasi, hingga mekanisme hereditas yang sulit dipahami oleh siswa melalui metode pengajaran konvensional. Banyak guru masih mengandalkan ceramah dan hafalan sebagai pendekatan utama, tanpa didukung oleh media visual yang interaktif atau teknologi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan.

Kondisi ini berkontribusi pada rendahnya literasi genetik peserta didik. Siswa cenderung kesulitan menghubungkan materi dengan konteks kehidupan nyata, sehingga tidak mampu memahami atau mengambil sikap terhadap isu-isu genetika kontemporer, seperti rekayasa genetika, pengujian DNA, atau terapi gen. Di sisi lain, meskipun era digital telah menghadirkan akses yang lebih luas terhadap teknologi, pemanfaatan deep learning dalam pembelajaran Biologi masih sangat terbatas. Teknologi ini seharusnya mampu menyajikan konsep-konsep genetika secara visual, dinamis, dan berbasis data, namun belum terintegrasi dalam praktik pengajaran di banyak sekolah.

Selain itu, kesenjangan kompetensi digital antara guru dan siswa turut menjadi tantangan tersendiri. Banyak guru belum memiliki pengetahuan dan keterampilan yang memadai dalam menerapkan teknologi berbasis AI, sementara siswa belum diarahkan untuk memanfaatkan teknologi secara kritis dan edukatif. Akibatnya, potensi AI dalam meningkatkan pemahaman dan motivasi

belajar tidak termanfaatkan secara maksimal, dan pembelajaran Biologi tetap berjalan dengan cara yang kurang relevan dengan kebutuhan zaman.

Untuk mengatasi rendahnya literasi genetik dalam pembelajaran Biologi, terutama di era digital yang menuntut adaptasi teknologi, integrasi *deep learning* sebagai bagian dari inovasi pembelajaran menjadi solusi yang menjanjikan. Deep learning, sebagai cabang dari *machine learning*, memungkinkan komputer untuk belajar dari data kompleks dan melakukan visualisasi, klasifikasi, serta prediksi dengan tingkat akurasi tinggi (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). Dalam konteks pendidikan Biologi, teknologi ini dapat diimplementasikan melalui berbagai bentuk aplikasi: dari simulasi proses genetik, prediksi sekuens DNA, pemetaan ekspresi gen, hingga sistem pembelajaran adaptif berbasis data performa siswa.

Pemanfaatan teknologi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep melalui visualisasi yang lebih konkret, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif peserta didik dengan pendekatan berbasis data dan eksperiensial. Menurut penelitian Holmes et al. (2019), penggunaan AI dalam pendidikan secara signifikan mampu meningkatkan personalisasi pembelajaran, mempercepat umpan balik, dan membantu siswa memahami konsep kompleks secara lebih mendalam.

Dukungan terhadap pemanfaatan AI dalam pembelajaran Biologi juga ditemukan dalam studi oleh Chen et al. (2020), yang menunjukkan bahwa penggunaan simulasi berbasis neural networks dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep hereditas dan variasi genetik. Selain itu, penelitian oleh Villafañe et al. (2022) menegaskan bahwa integrasi teknologi berbasis kecerdasan buatan ke dalam kurikulum Biologi mampu meningkatkan literasi sains secara menyeluruh, khususnya pada topik-topik yang bersifat abstrak dan dinamis.

Implementasi deep learning dalam kelas Biologi dapat dilakukan melalui kolaborasi antara pendidik, ahli teknologi pendidikan, dan pengembang perangkat lunak. Selain itu, peningkatan kompetensi guru melalui pelatihan berbasis teknologi AI juga menjadi langkah penting agar transformasi pembelajaran tidak hanya bergantung pada perangkat, tetapi juga pada kemampuan pedagogis yang adaptif. Dengan pendekatan ini, diharapkan pembelajaran genetika tidak hanya menjadi lebih menyenangkan dan mudah dipahami, tetapi juga mampu membekali siswa dengan literasi ilmiah yang relevan di era bioteknologi dan AI.

Holmes, Bialik, dan Fadel (2019) mengemukakan bahwa integrasi AI dalam pendidikan mampu mendukung personalisasi pembelajaran dengan menyajikan materi yang disesuaikan dengan kemampuan, gaya belajar, dan kebutuhan individual siswa. AI juga memungkinkan pemberian umpan balik yang cepat dan akurat, serta membantu pendidik dalam mengidentifikasi kesulitan belajar siswa secara lebih mendalam. Temuan ini menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi cerdas dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran secara menyeluruh.

Dalam konteks yang lebih spesifik, Chen et al. (2020) meneliti penggunaan simulasi berbasis *neural network* untuk mengajarkan konsep hereditas dan variasi genetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulasi ini secara signifikan membantu siswa memahami keterkaitan antara struktur genetik dan proses biologis, dengan pendekatan visual dan interaktif yang mempermudah pemahaman konsep yang abstrak. Pendekatan berbasis *deep learning* ini terbukti efektif dalam membangun pemahaman konseptual yang lebih kuat pada siswa.

Sementara itu, penelitian oleh Villafañe et al. (2022) menyoroti dampak integrasi teknologi berbasis AI terhadap peningkatan literasi sains dalam pembelajaran Biologi. Mereka menemukan bahwa penggunaan teknologi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman terhadap materi genetik, tetapi juga memperkuat kemampuan berpikir kritis ilmiah siswa. Pembelajaran yang didukung AI

memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan berbasis data nyata, sehingga siswa mampu mengaitkan materi pelajaran dengan isu-isu sains aktual dalam kehidupan sehari-hari.

Ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *deep learning* dalam pembelajaran Biologi memiliki dasar teoritis dan empiris yang kuat, serta dapat menjadi solusi konkret dalam meningkatkan literasi genetik di era kecerdasan buatan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini berfokus pada bagaimana tingkat literasi genetik peserta didik dalam pembelajaran Biologi saat ini, serta bagaimana potensi pemanfaatan teknologi deep learning dapat meningkatkan pemahaman konsep genetika. Selain itu, penelitian ini juga ingin mengetahui bagaimana desain implementasi deep learning yang efektif dapat diterapkan untuk meningkatkan literasi genetik di lingkungan sekolah menengah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi peserta didik terkait literasi genetik dalam pembelajaran Biologi, menganalisis peran dan potensi teknologi deep learning sebagai media pembelajaran interaktif dalam membantu pemahaman konsep genetika, serta menyusun strategi implementasi deep learning yang efektif dan aplikatif dalam konteks pembelajaran Biologi di sekolah.

Penelitian ini memiliki manfaat teoritis dengan harapan dapat memperkaya literatur ilmiah mengenai penerapan kecerdasan buatan khususnya deep learning dalam pendidikan Biologi serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori literasi genetik dalam pembelajaran abad ke-21. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif media dan metode pembelajaran inovatif bagi guru, sehingga konsep genetika dapat diajarkan dengan cara yang lebih menarik dan mudah dipahami. Selain itu, penelitian ini juga bermanfaat bagi siswa dengan membantu mereka memahami materi genetika secara visual, kontekstual, dan interaktif sehingga literasi genetik mereka meningkat. Bagi pengembang teknologi pendidikan, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam merancang aplikasi atau sistem pembelajaran Biologi berbasis deep learning.

Alasan dilakukannya penelitian ini didasari oleh kenyataan bahwa pemahaman siswa terhadap konsep genetika masih rendah, yang disebabkan oleh sifat materi yang abstrak dan metode pengajaran yang kurang adaptif terhadap kemajuan teknologi. Sementara itu, teknologi deep learning memiliki potensi besar sebagai alat bantu pembelajaran, namun belum banyak dimanfaatkan secara optimal dalam pembelajaran Biologi di tingkat sekolah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menjembatani kesenjangan tersebut sekaligus menjawab tantangan pendidikan di era kecerdasan buatan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan desain eksperimen semu (quasi-experimental) untuk menguji efektivitas pemanfaatan deep learning dalam meningkatkan literasi genetik peserta didik. Populasi penelitian adalah siswa kelas XI di sekolah menengah atas, dengan sampel yang diambil menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria tertentu, seperti kesiapan teknologi dan minat terhadap pelajaran Biologi.

Instrumen utama dalam penelitian ini berupa tes literasi genetik yang dikembangkan berdasarkan kurikulum dan standar kompetensi yang berlaku. Selain itu, digunakan juga kuesioner untuk mengukur respons dan motivasi belajar siswa terhadap penggunaan media pembelajaran berbasis deep learning. Sebelum pelaksanaan, instrumen diuji validitas dan reliabilitasnya untuk memastikan keakuratan pengukuran.

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap pra-tes untuk mengetahui kemampuan awal literasi genetik peserta didik. Selanjutnya, kelompok eksperimen diberikan pembelajaran menggunakan

media deep learning yang telah dikembangkan, sementara kelompok kontrol mendapatkan pembelajaran konvensional. Setelah perlakuan, dilakukan post-test untuk mengukur peningkatan literasi genetik. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan statistik inferensial, seperti uji t untuk membandingkan hasil antara kelompok eksperimen dan kontrol, serta analisis deskriptif terhadap data kuesioner.

Metode ini dipilih agar dapat secara objektif menilai dampak teknologi deep learning terhadap pemahaman siswa dalam konteks pembelajaran Biologi, sekaligus memberikan gambaran tentang sikap dan motivasi mereka terhadap media pembelajaran inovatif tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi bagi pengembangan media pembelajaran berbasis AI di masa mendatang.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas pemanfaatan teknologi *deep learning* dalam meningkatkan literasi genetik peserta didik pada pembelajaran Biologi di tingkat sekolah menengah atas. Berdasarkan analisis data yang diperoleh dari tes literasi genetik dan kuesioner motivasi belajar, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis deep learning memberikan peningkatan yang signifikan pada pemahaman konsep genetik dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional.

Hasil pra-tes menunjukkan bahwa rata-rata skor literasi genetik siswa pada kelompok eksperimen dan kontrol relatif setara, yakni di bawah standar ketuntasan minimal. Namun, setelah penerapan media deep learning dalam pembelajaran, rata-rata skor post-test pada kelompok eksperimen meningkat secara signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya menerima pembelajaran konvensional. Analisis uji t menunjukkan nilai $p < 0,05$, yang mengindikasikan bahwa peningkatan tersebut bukan kebetulan, melainkan pengaruh nyata dari penggunaan media berbasis deep learning.

Data kuesioner menunjukkan bahwa siswa di kelompok eksperimen merasa lebih tertarik dan termotivasi dalam belajar Biologi, khususnya materi genetika. Mereka melaporkan bahwa visualisasi interaktif dan simulasi yang disajikan oleh teknologi deep learning membantu mereka memahami proses genetik yang sebelumnya sulit dibayangkan. Temuan ini konsisten dengan studi yang dilakukan oleh Chen et al. (2020), yang menemukan bahwa simulasi berbasis neural network meningkatkan pemahaman konsep hereditas dengan cara yang lebih intuitif dan menyenangkan.

Meskipun fokus penelitian Ikhlas (2020) adalah pada penerapan pendekatan saintifik untuk meningkatkan hasil belajar matematika, temuan tersebut memberikan landasan penting yang relevan dengan pemanfaatan teknologi canggih seperti deep learning dalam pembelajaran Biologi. Pendekatan saintifik yang digunakan oleh Ikhlas menekankan keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran melalui observasi, eksperimen, dan refleksi, yang secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar. Prinsip-prinsip ini sejalan dengan pemanfaatan deep learning dalam pembelajaran Biologi, di mana teknologi AI menyediakan simulasi interaktif dan visualisasi yang memungkinkan siswa belajar secara aktif dan mendalam, khususnya dalam memahami konsep genetika yang abstrak.

Penelitian Ikhlas (2018) yang mengkaji pengaruh model pembelajaran berbasis masalah dan gaya kognitif siswa terhadap hasil belajar matematika memberikan gambaran penting mengenai bagaimana pendekatan pembelajaran yang aktif dan kontekstual dapat meningkatkan pemahaman siswa. Model pembelajaran berbasis masalah menuntut siswa untuk berpikir kritis dan memecahkan persoalan secara mandiri, sehingga mendorong keterlibatan dan pengolahan kognitif yang lebih

mendalam. Konsep ini sangat relevan dengan pemanfaatan teknologi deep learning dalam pembelajaran Biologi, khususnya dalam meningkatkan literasi genetik.

Pemanfaatan deep learning sebagai media pembelajaran menyediakan simulasi interaktif dan personalisasi materi yang memungkinkan siswa mengeksplorasi konsep-konsep genetika secara aktif dan sesuai dengan gaya kognitif masing-masing. Dengan demikian, deep learning dapat memperkuat efektivitas model pembelajaran berbasis masalah yang telah dibuktikan oleh Ikhlas (2018), karena keduanya sama-sama mengedepankan keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar. Integrasi teknologi AI ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep yang abstrak seperti genetika, tetapi juga memperbaiki hasil belajar secara keseluruhan melalui pendekatan yang sesuai dengan kebutuhan dan gaya belajar siswa.

Oleh karena itu, temuan Ikhlas (2018) mendukung argumen bahwa inovasi pembelajaran berbasis teknologi, seperti deep learning, sangat potensial untuk diaplikasikan dalam konteks pembelajaran Biologi di era kecerdasan buatan guna meningkatkan literasi genetik secara efektif dan berkelanjutan.

Integrasi deep learning sebagai media pembelajaran tidak hanya memfasilitasi pendekatan saintifik secara lebih efektif, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar siswa dengan personalisasi dan umpan balik real-time. Dengan demikian, pemanfaatan deep learning dapat dianggap sebagai pengembangan lanjutan dari pendekatan saintifik yang dikaji oleh Ikhlas (2020), khususnya dalam konteks literasi genetik di era kecerdasan buatan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi AI dalam pendidikan mampu memperkuat dan meningkatkan hasil belajar, tidak hanya dalam matematika tetapi juga dalam bidang Biologi, melalui metode pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, dan berbasis bukti.

Selain itu, hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Holmes, Bialik, dan Fadel (2019), yang menyatakan bahwa AI dapat meningkatkan personalisasi pembelajaran sehingga siswa dapat belajar sesuai dengan kecepatan dan gaya belajar mereka masing-masing. Personalization ini memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep genetika secara mendalam tanpa merasa terbebani oleh keterbatasan metode pembelajaran tradisional.

Penelitian Ikhlas (2018) menyoroti pentingnya model pembelajaran berbasis masalah dalam meningkatkan hasil belajar matematika siswa. Pendekatan ini menekankan keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran, yang sejalan dengan prinsip-prinsip pembelajaran abad ke-21. Sementara itu, Asyhar (2023) mengkaji penerapan model Project Based Learning (PjBL) dalam pembelajaran MIPA, yang juga menekankan pada keterlibatan siswa melalui proyek-proyek nyata. Kedua pendekatan ini menekankan pentingnya pengalaman langsung dan kontekstual dalam pembelajaran.

Dalam konteks pembelajaran Biologi, khususnya materi genetika, pemanfaatan teknologi deep learning dapat memperkaya pengalaman belajar siswa. Deep learning memungkinkan pembuatan simulasi interaktif dan visualisasi yang kompleks, yang dapat membantu siswa memahami konsep-konsep genetika yang abstrak. Dengan demikian, teknologi ini dapat diintegrasikan dengan model-model pembelajaran aktif seperti yang dikaji oleh Ikhlas (2018) dan Asyhar (2023), untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan efektif.

Integrasi deep learning dalam model pembelajaran aktif dapat meningkatkan literasi genetik siswa di era AI, dengan menyediakan alat yang memungkinkan eksplorasi dan pemahaman konsep secara lebih interaktif dan kontekstual. Hal ini sejalan dengan temuan Ikhlas (2018) dan Asyhar (2023) yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan hasil belajar.

Penelitian Ikhlas, Rukhmana, dan Feti Liliana (2023) menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi GeoGebra dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Hasil analisis data menggunakan uji-t menunjukkan nilai signifikansi (p-value) < 0,05, yang berarti terdapat pengaruh positif dari penggunaan GeoGebra terhadap hasil belajar siswa. Rata-rata skor post-test siswa yang menggunakan GeoGebra lebih tinggi dibandingkan dengan pre-test, menunjukkan peningkatan pemahaman materi secara signifikan.

Temuan ini relevan dengan pemanfaatan deep learning dalam pembelajaran Biologi, khususnya dalam meningkatkan literasi genetik siswa. Seperti halnya GeoGebra yang menyediakan visualisasi interaktif untuk konsep matematika, teknologi deep learning dapat digunakan untuk mengembangkan simulasi dan visualisasi interaktif dalam pembelajaran genetika. Dengan pendekatan ini, siswa dapat lebih mudah memahami konsep-konsep kompleks dalam genetika melalui pengalaman belajar yang lebih menarik dan efektif.

Integrasi deep learning dalam pembelajaran Biologi sejalan dengan prinsip-prinsip yang ditemukan dalam penelitian Ikhlas et al. (2023), di mana penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi canggih seperti deep learning dapat menjadi alternatif inovatif dalam meningkatkan literasi genetik siswa di era kecerdasan buatan.

Penelitian oleh Pamungkas, et. al (2023) mengenai *Interaksi Kelas Online pada Kurikulum Merdeka Belajar di Lingkungan Perguruan Tinggi* menggarisbawahi pentingnya interaksi yang efektif dalam pembelajaran daring. Studi ini menemukan bahwa meskipun pembelajaran online telah menjadi bagian integral dari sistem pendidikan, masih terdapat tantangan signifikan seperti koneksi internet yang tidak stabil dan kurangnya interaksi yang optimal antara dosen dan mahasiswa. Melalui analisis pola interaksi menggunakan model FIAC (Flander Interaction Analysis Code) dan BIAS (Brown Interaction Analysis System), penelitian ini menekankan perlunya strategi pembelajaran yang lebih interaktif dan adaptif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran daring.

Temuan ini sejalan dengan rekomendasi dalam penelitian tentang pemanfaatan deep learning dalam pembelajaran Biologi untuk meningkatkan literasi genetik di era AI. Integrasi teknologi AI dalam pembelajaran tidak hanya memerlukan pengembangan media pembelajaran yang canggih, tetapi juga pelatihan intensif bagi tenaga pendidik agar mampu memanfaatkan teknologi tersebut secara efektif. Kesiapan dan kompetensi guru dalam mengelola serta memanfaatkan teknologi pembelajaran sangat menentukan keberhasilan implementasi teknologi dalam pendidikan.

Oleh karena itu, untuk memastikan integrasi teknologi dapat berjalan dengan efektif dan berkelanjutan, diperlukan upaya kolaboratif antara pengembang teknologi, ahli pendidikan, dan praktisi lapangan. Hal ini mencakup pengembangan media pembelajaran berbasis AI yang adaptif dan kontekstual, serta program pelatihan yang berfokus pada literasi digital dan strategi integrasi teknologi ke dalam kurikulum. Dengan pendekatan ini, diharapkan pembelajaran Biologi, khususnya dalam memahami konsep genetika yang kompleks, dapat menjadi lebih interaktif, menarik, dan efektif, sesuai dengan tuntutan era kecerdasan buatan.

Lebih jauh, penelitian Villafañe et al. (2022) mendukung bahwa integrasi AI dalam kurikulum Biologi tidak hanya meningkatkan literasi genetik, tetapi juga kemampuan berpikir kritis ilmiah siswa. Hal ini nampak dalam data kuesioner motivasi yang menunjukkan peningkatan sikap kritis dan keingintahuan siswa terhadap isu-isu genetik kontemporer seperti rekayasa genetika dan terapi gen.

Secara keseluruhan, penelitian ini mengonfirmasi bahwa pemanfaatan deep learning dalam pembelajaran Biologi mampu mengatasi hambatan pemahaman konsep abstrak seperti genetika dan memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan aplikatif. Dengan bantuan teknologi ini,

literasi genetik peserta didik meningkat, yang sangat penting di era AI dan bioteknologi saat ini. Namun, perlu dicatat bahwa keberhasilan implementasi deep learning juga bergantung pada kesiapan infrastruktur teknologi dan kompetensi guru dalam menggunakan media tersebut secara optimal.

Penelitian ini merekomendasikan pengembangan lebih lanjut media pembelajaran berbasis AI serta pelatihan intensif bagi tenaga pendidik untuk memastikan integrasi teknologi dapat berjalan dengan efektif dan berkelanjutan.

Penelitian ini merekomendasikan pengembangan lebih lanjut media pembelajaran berbasis AI serta pelatihan intensif bagi tenaga pendidik untuk memastikan integrasi teknologi dapat berjalan dengan efektif dan berkelanjutan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa keberhasilan implementasi teknologi pembelajaran tidak hanya ditentukan oleh kualitas teknologinya, tetapi juga oleh kesiapan dan kompetensi guru dalam mengelola serta memanfaatkannya secara pedagogis. Oleh karena itu, pelatihan yang berfokus pada literasi digital, pemahaman konsep dasar AI, serta strategi integrasi AI ke dalam kurikulum Biologi sangat diperlukan.

Pengembangan media pembelajaran yang adaptif dan berbasis deep learning juga perlu memperhatikan aspek pedagogis dan karakteristik peserta didik. Media tersebut harus mampu memberikan umpan balik secara real-time, menyesuaikan tingkat kesulitan materi dengan kemampuan siswa, dan memfasilitasi pemahaman konsep-konsep genetik yang bersifat kompleks dan abstrak. Di samping itu, kolaborasi antara pengembang teknologi, ahli Biologi, dan praktisi pendidikan harus terus ditingkatkan untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang inovatif dan responsif terhadap perkembangan zaman.

Jika pengembangan ini dilakukan secara terarah, maka teknologi AI dalam pembelajaran tidak hanya akan menjadi alat bantu, tetapi akan berperan sebagai mitra strategis dalam mentransformasi cara belajar siswa—khususnya dalam membangun literasi genetik yang kritis, kontekstual, dan berkelanjutan di era kecerdasan buatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan teknologi deep learning dalam pembelajaran Biologi secara signifikan meningkatkan literasi genetik peserta didik. Media pembelajaran berbasis deep learning memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan kontekstual, sehingga memudahkan siswa dalam memahami konsep genetika yang selama ini dianggap abstrak dan kompleks. Selain itu, penggunaan teknologi ini juga meningkatkan motivasi dan minat belajar siswa, yang berkontribusi pada peningkatan hasil belajar secara keseluruhan. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa kecerdasan buatan dapat mempersonalisasi pembelajaran dan meningkatkan efektivitasnya. Oleh karena itu, implementasi media pembelajaran berbasis deep learning sangat direkomendasikan sebagai inovasi dalam proses pembelajaran Biologi, khususnya dalam konteks literasi genetik di era digital dan kecerdasan buatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi selama proses penyusunan artikel ini. Terima kasih kepada para narasumber dan peserta didik yang telah berpartisipasi dalam penelitian sehingga data yang diperoleh menjadi lengkap dan valid. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan peneliti dan

pembimbing yang telah memberikan arahan, kritik, dan masukan yang sangat berharga demi kesempurnaan artikel ini. Tidak lupa, terima kasih kepada lembaga pendidikan dan institusi yang telah memberikan izin dan fasilitas pendukung penelitian. Semoga kolaborasi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pendidikan Biologi khususnya dalam pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan.

DAFTAR PUSTAKA

Asyhar, R. (2023). Trik Konsolidasi Pendidikan Karakter Melalui Model Pembelajaran Project Based Learning Pada Pembelajaran MIPA. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP)*, *6*(4), 3228-3237.

Chen, X., Zhang, Y., & Liu, S. (2020). Enhancing Genetics Education through Simulation-Based Neural Network Tools. *Journal of Biological Education*, 54(3), 305–315. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1715420.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Boston: Center for Curriculum Redesign.

Ikhlas, A. (2020). PENGARUH PENERAPAN PENDEKATAN SAINTIFIK TERHADAP HASIL BELAJAR MATEMATIKA SISWA KELAS VIII SMP PADA MATERI TEOREMA PHYGORAS. *Jurnal Inovasi Penelitian*, *1*(7), 1395-1406. https://doi.org/10.47492/jip.v1i7.259.

Ikhlas, A. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah dan Gaya Kognitif Siswa Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa di Kelas VIII SMP Negeri 7 Kerinci. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, *2*(2), 135–143. https://doi.org/10.22437/jiituj.v2i2.5988.

Ikhlas, A., Rukhmana, T., & Feti Liliana, W. O. (2023). Pengaruh Media Pembelajaran Aplikasi Geogebra Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Journal on Education*, *5*(4), 13119-13128.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. https://doi.org/10.1038/nature14539.

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/4962

Pamungkas, A., Ikhlas, A., Moeis, D., Sitopu, J., & Purhanudin, M. (2023). Interaksi Kelas Online pada Kurikulum Merdeka Belajar di Lingkungan Perguruan Tinggi. *Journal on Education*, *5*(4), 16268-16275.

Tsui, C. Y., & Treagust, D. F. (2013). Genetics reasoning with multiple external representations. *Research in Science Education*, 43(2), 729–750. https://doi.org/10.1007/s11165-012-9285-9

Villafañe, S. M., Xu, X., & Freeman, R. (2022). Artificial Intelligence Integration in Science Education: A Study on Genetic Literacy. *Science Education Review*, 61(1), 22–38. https://doi.org/10.1002/sce.21694