



STRATEGI PERENCANAAN KURIKULUM MASA DEPAN BERBASIS *PREDICTIVE ANALYTICS* DAN KECERDASAN BUATAN

Nandha Eka Fajarindhy¹⁾, Siti Aimah²⁾

Program Studi Tadris Bahasa Indonesia, Universitas KH. Mukhtar Syafa'at

¹ ekanadha7@gmail.com, ² sitiimah1@iida.ac.id

Histori artikel

Received:
1 Agustus 2026

Accepted:
20 August 2026

Published:
26 August 2026

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis strategi perencanaan kurikulum masa depan melalui pemanfaatan *predictive analytics*, kecerdasan buatan, dan *system dynamics* dalam kerangka tata kelola pendidikan berbasis data. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi kepustakaan (*library research*). Korpus utama terdiri atas 12 sumber yang mencakup dokumen kebijakan pendidikan nasional, laporan tren pasar kerja, literatur mengenai *predictive analytics* dan kecerdasan buatan dalam pendidikan, serta literatur tentang *system dynamics* dan tata kelola berbasis data. Data dianalisis menggunakan teknik analisis konten melalui tahapan unitisasi dan pengodean, sintesis konseptual, serta formulasi kerangka. Hasil sintesis menunjukkan bahwa data pendidikan pada tingkat mikro berpotensi dihubungkan dengan informasi perubahan kebutuhan kompetensi pada tingkat makro untuk mendukung perencanaan kurikulum yang lebih adaptif. Penelitian ini menghasilkan arsitektur konseptual empat lapis yang terdiri atas *Data Ingestion Layer*, *Analytics and Modeling Engine*, *Curriculum Adaptation Layer*, dan *Data-Driven Policy and Governance*. Kerangka tersebut menempatkan *predictive analytics* sebagai pendukung identifikasi pola dan kebutuhan, *system dynamics* sebagai pendekatan untuk membaca hubungan antarvariabel dan kemungkinan konsekuensi kebijakan, serta kecerdasan buatan sebagai perangkat pendukung analisis dan personalisasi. Temuan juga menunjukkan bahwa penerapan kerangka tersebut tetap memerlukan *human oversight*, kualitas data, interoperabilitas sistem, perlindungan privasi, kesiapan infrastruktur, serta validasi empiris sebelum dipertimbangkan untuk implementasi pada skala yang lebih luas.

Kata-kata Kunci: Kecerdasan Buatan, Kurikulum Adaptif, Perencanaan Kurikulum, *Predictive Analytics*, Tata Kelola Berbasis Data

*Penulis koresponding : Nandha Eka Fajarindhy (ekanadha7@gmail.com)

ABSTRACT This study analyzes future curriculum planning strategies through the use of *predictive analytics*, artificial intelligence, and *system dynamics* within a data-driven educational governance framework. The study employed a descriptive qualitative approach with a *library research* design. The main corpus consisted of 12 sources, including national education policy documents, labor market trend reports, literature on *predictive analytics* and artificial intelligence in education, and literature on *system dynamics* and data-driven governance. The data were analyzed using content analysis through the stages of unitization and coding, conceptual synthesis, and framework formulation. The findings indicate that micro-level educational data can potentially be linked with macro-level information on changing competency demands to support more adaptive curriculum planning. The study produces a four-layer conceptual architecture consisting of the *Data Ingestion Layer*, *Analytics and Modeling Engine*, *Curriculum Adaptation Layer*, and *Data-Driven Policy and Governance*. The framework positions *predictive analytics* as a tool for identifying patterns and emerging needs, *system dynamics* as an approach for examining intervariable relationships and potential policy consequences, and artificial intelligence as a supporting tool for analysis and personalization. The findings also indicate that the framework requires human oversight, adequate data quality, system interoperability, privacy protection, infrastructure readiness, and empirical validation before broader implementation can be considered.

Keywords: Adaptive Curriculum, Artificial Intelligence, Curriculum Planning, Data-Driven Governance, Predictive Analytics

Latar Belakang

Perubahan teknologi, struktur pekerjaan, dan kebutuhan kompetensi berlangsung semakin cepat sehingga perencanaan kurikulum menghadapi persoalan yang berbeda dibandingkan beberapa dekade sebelumnya. Kurikulum tidak lagi cukup disusun hanya berdasarkan kebutuhan kompetensi yang telah teridentifikasi pada masa lalu, sebab sebagian keterampilan berkembang bersamaan dengan perubahan teknologi dan transformasi dunia kerja. *Future of Jobs Report 2025* menunjukkan bahwa perubahan teknologi, khususnya kecerdasan buatan, pemrosesan informasi, otomatisasi, serta perkembangan ekonomi digital, terus mengubah kebutuhan keterampilan tenaga kerja. Kemampuan berpikir analitis tetap menempati posisi penting, sementara keterampilan yang berkaitan dengan AI, *big data*, literasi teknologi, kreativitas, dan kemampuan beradaptasi menunjukkan perkembangan kebutuhan yang semakin kuat (World Economic Forum, 2025). Kondisi tersebut menempatkan relevansi kurikulum sebagai persoalan yang perlu dibaca secara berkelanjutan, bukan hanya melalui evaluasi periodik.

Arah kebijakan pendidikan Indonesia sebenarnya telah memberi ruang bagi kurikulum yang lebih fleksibel dan responsif terhadap kebutuhan belajar. Kajian akademik yang mendasari pengembangan Kurikulum Merdeka, misalnya, menempatkan kualitas pembelajaran, fleksibilitas, serta penyesuaian terhadap kebutuhan peserta didik sebagai bagian penting dari pembaruan kurikulum (Anggraena et al., 2022). Namun, fleksibilitas kurikulum menghadapi tantangan baru ketika perubahan kebutuhan kompetensi berlangsung lebih cepat daripada proses evaluasi dan pengambilan keputusan. Persoalannya kemudian bukan semata-mata bagaimana memperbarui isi kurikulum, tetapi bagaimana perubahan kebutuhan peserta didik dan perkembangan lingkungan eksternal dapat dikenali lebih awal sehingga keputusan kurikulum tidak selalu muncul setelah kesenjangan terjadi.

Perkembangan data pendidikan membuka kemungkinan untuk menjawab persoalan tersebut melalui pendekatan yang lebih berbasis bukti. Aktivitas akademik, capaian pembelajaran, kehadiran, penggunaan *Learning Management System* (LMS), dan berbagai bentuk rekam belajar menghasilkan data yang dapat digunakan untuk memahami pola perkembangan peserta didik. Pada tingkat yang lebih luas, data tersebut dapat dikaitkan dengan informasi eksternal mengenai perkembangan keterampilan, perubahan teknologi, dan dinamika pasar kerja. Kajian *Educational Data Mining* dan *Learning Analytics* menunjukkan bahwa data pendidikan dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi pola belajar, memprediksi performa, mengenali risiko, serta mendukung proses pengambilan keputusan pendidikan (Romero & Ventura, 2020). Dalam konteks Indonesia, pemanfaatan analitik prediktif juga mulai dibicarakan sebagai cara untuk mendukung estimasi kebutuhan akademik dan pengambilan keputusan berbasis data (Nurhidayanti, 2025).

Predictive analytics memiliki posisi penting dalam kerangka tersebut karena memungkinkan data historis dan data yang terus diperbarui digunakan untuk mengenali kecenderungan yang belum terlihat melalui analisis deskriptif biasa. Penggunaannya dalam pendidikan dapat membantu mengenali pola capaian, risiko belajar, maupun kemungkinan kebutuhan intervensi. Perkembangan *machine learning* dalam analisis data pendidikan memperlihatkan bahwa pendekatan prediktif telah banyak diarahkan pada identifikasi performa serta pola belajar peserta didik (Ersozlu et al., 2024). Meski demikian, kemampuan menghasilkan prediksi tidak dengan sendirinya menyelesaikan persoalan perencanaan. Informasi prediktif baru memperoleh nilai strategis ketika diterjemahkan menjadi pertimbangan tindakan, intervensi, atau pilihan kebijakan yang tetap melibatkan penilaian manusia (Alalawi et al., 2025).

Persoalan inilah yang membedakan analisis prediktif dari kebutuhan perencanaan kurikulum pada tingkat yang lebih luas. Kurikulum merupakan bagian dari sistem pendidikan yang dipengaruhi oleh banyak variabel dan hubungan timbal balik. Perubahan satu komponen dapat menimbulkan konsekuensi pada komponen lain yang tidak selalu dapat diperkirakan melalui hubungan linier. Pemikiran *system dynamics* sejak awal menempatkan proses pengambilan keputusan sebagai bagian dari sistem yang memiliki hubungan sebab akibat, *feedback loops*, keterlambatan respons, dan kemungkinan munculnya konsekuensi yang tidak direncanakan (Forrester, 1994; Sterman, 2000). Kajian yang lebih mutakhir juga menunjukkan bahwa pemodelan sistem dapat digunakan untuk membantu memahami konsekuensi potensial dari reformasi pendidikan sebelum suatu kebijakan diterapkan secara lebih luas (Keith et al., 2024). Karena itu, analitik prediktif menjadi lebih bermakna bagi perencanaan kurikulum apabila tidak berhenti pada pertanyaan tentang “apa yang mungkin terjadi”, tetapi

dihubungkan dengan analisis mengenai “respons apa yang dapat dipertimbangkan” dan “apa kemungkinan konsekuensinya”.

Kecerdasan buatan memperluas kemampuan tersebut karena memungkinkan pemrosesan data pendidikan dalam skala yang lebih besar, pengenalan pola, rekomendasi, serta personalisasi pengalaman belajar. AI juga semakin diposisikan sebagai kompetensi yang perlu dipahami peserta didik, bukan hanya sebagai teknologi yang digunakan oleh institusi pendidikan. UNESCO (2024), misalnya, menempatkan pemahaman berpusat pada manusia, etika AI, teknik dan aplikasi AI, serta desain sistem AI sebagai bagian dari kerangka kompetensi peserta didik. Artinya, hubungan AI dengan kurikulum bekerja pada dua arah sekaligus: teknologi dapat digunakan untuk membantu membaca kebutuhan kurikulum, sementara perubahan teknologi itu sendiri menghasilkan kompetensi baru yang perlu dipertimbangkan dalam kurikulum.

Penggunaan data dan AI dalam perencanaan pendidikan tetap tidak dapat dipahami sebagai proses teknis yang netral. Pemodelan yang dibangun dari data berkualitas rendah dapat menghasilkan rekomendasi yang tidak akurat, sementara penggunaan data peserta didik dalam skala besar membawa persoalan mengenai privasi, transparansi, bias algoritmik, dan akuntabilitas keputusan. Kajian tentang *learning analytics* menunjukkan bahwa isu perlindungan data dan privasi masih menjadi persoalan penting dalam penerapan sistem berbasis analitik (Liu & Khalil, 2023). Selwyn (2019) juga mengingatkan bahwa penggunaan AI dalam pendidikan perlu dibaca secara kritis karena keputusan pendidikan menyangkut aspek sosial, etik, dan manusiawi yang tidak dapat sepenuhnya diserahkan kepada sistem otomatis. Dengan demikian, perencanaan kurikulum berbasis data membutuhkan *human oversight*, tata kelola data, serta mekanisme evaluasi yang menjaga keputusan tetap dapat dipertanggungjawabkan.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas bagian-bagian dari persoalan tersebut. Pemanfaatan analitik prediktif telah dikaji untuk mendukung estimasi kebutuhan akademik dan keputusan pendidikan (Nurhidayanti, 2025), sedangkan perencanaan berbasis data diposisikan sebagai salah satu pendekatan untuk memperkuat mutu dan tata kelola pendidikan (Nurdin, 2025). Kajian lain menunjukkan penggunaan *data analytics* dan *dashboard* sebagai bagian dari pengawasan serta evaluasi pendidikan pada tingkat satuan pendidikan (Nuroini & Purnomo, 2026). Pada literatur internasional, penerapan pengambilan keputusan berbasis data juga memperlihatkan bahwa manfaat analitik sangat bergantung pada literasi data, kapasitas institusi, sumber daya, serta kemampuan pelaku pendidikan menerjemahkan informasi menjadi tindakan (Hegestedt et al., 2023). Pengembangan teknologi pendidikan berbasis data bahkan membutuhkan interoperabilitas sistem dan

keterlibatan pemangku kepentingan agar solusi yang dibangun sesuai dengan konteks implementasinya (Ogata et al., 2024).

Meskipun demikian, kajian tersebut lebih banyak menempatkan analitik pada fungsi tertentu, seperti prediksi performa peserta didik, personalisasi pembelajaran, pengawasan akademik, atau pengambilan keputusan pada tingkat institusi. Masih terdapat ruang konseptual untuk menjelaskan bagaimana data pendidikan pada tingkat mikro dapat dihubungkan dengan perubahan kebutuhan kompetensi pada tingkat makro, diproses melalui analitik prediktif dan preskriptif, kemudian diterjemahkan menjadi adaptasi kurikulum serta umpan balik kebijakan yang berlangsung secara berkelanjutan. Kesenjangan tersebut penting karena persoalan perencanaan kurikulum tidak hanya berkaitan dengan kemampuan memprediksi hasil belajar, tetapi juga dengan kemampuan menghubungkan berbagai sumber data, membaca perubahan eksternal, mempertimbangkan konsekuensi kebijakan, dan menjaga agar keputusan tetap berada dalam kerangka tata kelola yang bertanggung jawab.

Atas dasar kesenjangan tersebut, kontribusi konseptual penelitian ini bukan sekedar menggabungkan *predictive analytics*, kecerdasan buatan, dan *system dynamics*. Penelitian ini merumuskan arsitektur konseptual empat lapis yang menempatkan ketiga pendekatan tersebut dalam satu alur perencanaan kurikulum. Lapisan pertama, *Data Ingestion Layer*, menghubungkan data mikro pendidikan dengan data eksternal mengenai perkembangan kompetensi dan pasar kerja. Lapisan kedua, *Analytics and Modeling Engine*, mengolah data melalui *Educational Data Mining*, analitik prediktif, *machine learning*, serta simulasi *system dynamics*. Lapisan ketiga, *Curriculum Adaptation Layer*, menerjemahkan hasil analisis ke dalam pilihan adaptasi kurikulum dan jalur belajar yang lebih responsif. Lapisan keempat, *Data-Driven Policy and Governance*, mengembalikan hasil implementasi ke dalam siklus evaluasi dan pengambilan keputusan melalui *continuous feedback loops*. Dengan susunan tersebut, kontribusi penelitian berada pada arsitektur hubungan antara data, prediksi, simulasi, adaptasi kurikulum, dan tata kelola kebijakan, bukan pada pengembangan algoritma baru.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi kepustakaan (*library research*). Pendekatan tersebut dipilih karena penelitian tidak diarahkan untuk menguji algoritma atau mengimplementasikan sistem kecerdasan buatan secara langsung, tetapi untuk menyusun kerangka konseptual perencanaan kurikulum masa depan berdasarkan sintesis kebijakan pendidikan, perkembangan analitik data, kecerdasan buatan, serta perubahan kebutuhan kompetensi. Fokus analisis diarahkan pada hubungan antara data pendidikan, *predictive analytics*, *system dynamics*, adaptasi kurikulum, dan tata kelola kebijakan berbasis data.

Korpus utama penelitian terdiri atas 12 sumber yang dipilih berdasarkan relevansi langsung dengan fokus kajian. Sumber tersebut dikelompokkan ke dalam empat klaster, yaitu dokumen kebijakan pendidikan nasional, laporan tren pasar kerja dan industri, literatur mengenai *predictive analytics* dan kecerdasan buatan dalam pendidikan, serta literatur mengenai manajemen strategis, *system dynamics*, dan tata kelola pendidikan berbasis data. Pengelompokan dilakukan agar setiap jenis sumber memiliki fungsi analitis yang jelas dalam proses perumusan kerangka konseptual.

Tabel 1. Klaster Sumber Data Sekunder Penelitian

Kode	Klaster Sumber	Jumlah	Fokus Analisis
SD-01	Kebijakan pendidikan nasional	2 dokumen	Arah kebijakan kurikulum, regulasi pendidikan, fleksibilitas pembelajaran, dan evaluasi pendidikan
SD-02	Tren pasar kerja dan industri	1 laporan	Perubahan kebutuhan kompetensi, otomatisasi, keterampilan baru, dan <i>skills gap</i>
SD-03	<i>Predictive analytics</i> dan AI dalam pendidikan	4 sumber	Analitik prediktif, personalisasi pembelajaran, <i>learning analytics</i> , dan pemanfaatan data pendidikan
SD-04	Manajemen strategis dan tata kelola berbasis data	5 sumber	<i>System dynamics</i> , analisis konten, tata kelola digital, dan pengambilan keputusan berbasis data
Total		12 sumber	

Pemilihan sumber dilakukan berdasarkan beberapa kriteria. Pertama, sumber memiliki keterkaitan langsung dengan perencanaan pendidikan, kurikulum, *predictive analytics*, kecerdasan buatan, *learning analytics*, *system dynamics*, atau tata kelola berbasis data. Kedua, sumber memiliki identitas akademik atau kelembagaan yang jelas, berupa artikel jurnal, buku akademik, dokumen kebijakan pemerintah, atau laporan institusi yang memiliki otoritas pada bidangnya. Ketiga, isi sumber menyediakan konsep, data, atau temuan yang dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antara perubahan kebutuhan kompetensi dan pengembangan kurikulum. Keempat, dokumen kebijakan dan laporan eksternal dipilih karena memiliki fungsi langsung dalam membaca konteks perencanaan kurikulum pada tingkat

makro. Literatur tambahan yang digunakan pada bagian Pendahuluan dan Pembahasan berfungsi untuk memperkuat konteks serta membandingkan hasil sintesis, dan tidak dihitung sebagai bagian dari 12 sumber inti yang menjadi korpus analisis.

Dokumen kebijakan pendidikan nasional dipilih karena memberikan pijakan normatif mengenai arah pengembangan pendidikan dan kurikulum di Indonesia. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional digunakan untuk membaca dasar yuridis penyelenggaraan dan evaluasi pendidikan, sedangkan dokumen akademik pengembangan Kurikulum Merdeka digunakan untuk memahami arah fleksibilitas, kualitas pembelajaran, dan penyesuaian kurikulum terhadap kebutuhan peserta didik. Kedua sumber tersebut menjadi representasi konteks kebijakan nasional yang digunakan dalam penyusunan model konseptual.

Laporan *Future of Jobs* dari World Economic Forum dipilih sebagai sumber eksternal karena menyediakan proyeksi mengenai perubahan struktur pekerjaan, perkembangan teknologi, dan kebutuhan keterampilan pada tingkat global. Data tersebut tidak digunakan sebagai prediksi langsung mengenai kondisi pendidikan Indonesia, tetapi sebagai sumber pembandingan untuk mengenali arah perubahan kompetensi yang dapat dipertimbangkan dalam proses perencanaan kurikulum. Dengan posisi tersebut, laporan pasar kerja berfungsi sebagai salah satu masukan eksternal bagi model, sedangkan keputusan kurikulum tetap harus mempertimbangkan konteks pendidikan nasional dan kebutuhan peserta didik.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik analisis konten dengan mengacu pada prinsip analisis isi Krippendorff (2018). Setiap sumber dibaca secara berulang untuk mengidentifikasi informasi yang berkaitan dengan kebutuhan kompetensi, pemanfaatan data pendidikan, teknologi analitik, adaptasi kurikulum, serta mekanisme pengambilan keputusan. Proses analisis tidak diarahkan pada penghitungan frekuensi istilah, tetapi pada penemuan hubungan konseptual antartema yang dapat digunakan untuk membangun kerangka perencanaan kurikulum.

Proses analisis dilakukan melalui tiga tahapan. Tahap pertama adalah unitisasi dan pengodean, yaitu mengidentifikasi bagian-bagian teks yang berkaitan dengan *skills gap*, data pendidikan, *predictive analytics*, kecerdasan buatan, personalisasi pembelajaran, *system dynamics*, dan tata kelola kebijakan. Unit informasi tersebut kemudian dikelompokkan ke dalam tema yang memiliki keterkaitan konseptual.

Tahap kedua berupa sintesis konseptual. Pada tahap ini, informasi dari dokumen kebijakan, laporan kebutuhan keterampilan, dan literatur pendidikan dibandingkan untuk melihat kemungkinan hubungan antara data mikro pendidikan dan perubahan kebutuhan kompetensi pada tingkat makro. Sintesis tidak dimaksudkan untuk membuktikan hubungan

kausal, tetapi untuk mengidentifikasi pola konseptual yang dapat digunakan dalam perencanaan kurikulum berbasis data.

Tahap ketiga adalah formulasi kerangka konseptual. Tema yang telah diperoleh dipetakan menjadi alur yang menghubungkan sumber data, pemrosesan analitik, adaptasi kurikulum, serta proses evaluasi dan pengambilan keputusan. Dari proses tersebut dirumuskan arsitektur empat lapis yang terdiri atas *Data Ingestion Layer*, *Analytics and Modeling Engine*, *Curriculum Adaptation Layer*, dan *Data-Driven Policy and Governance*. *System dynamics* ditempatkan pada lapisan pemodelan sebagai pendekatan konseptual untuk membaca hubungan antarvariabel, *feedback loops*, serta kemungkinan konsekuensi kebijakan, bukan sebagai simulasi komputasional yang telah diuji dalam penelitian ini.

Hasil analisis selanjutnya disajikan secara deskriptif dan komparatif. Setiap komponen model dibahas dengan membandingkannya terhadap penelitian terdahulu untuk mengidentifikasi potensi, keterbatasan, serta implikasinya bagi perencanaan kurikulum. Dengan demikian, kerangka empat lapis yang dihasilkan diposisikan sebagai hasil sintesis konseptual dari literatur, bukan sebagai model prediktif yang telah divalidasi secara empiris atau sistem teknologi yang telah diterapkan pada institusi pendidikan.

Hasil dan Pembahasan

Mengubah Pangkalan Data Akademik Menjadi Proyeksi Strategis

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa perkembangan sistem informasi pendidikan membuka peluang untuk memperluas fungsi data dari kebutuhan administratif dan pelaporan menuju sumber informasi bagi perencanaan strategis. Data akademik, kehadiran, rekam aktivitas pembelajaran, serta portofolio peserta didik dapat digunakan untuk mengenali pola perkembangan belajar apabila tersedia dalam kualitas yang memadai dan dianalisis secara sistematis. Pada tingkat yang lebih luas, informasi tersebut dapat dikombinasikan dengan indikator eksternal mengenai perubahan teknologi dan kebutuhan kompetensi untuk membantu pembuat kebijakan membaca kecenderungan yang mungkin berpengaruh terhadap relevansi kurikulum.

Pemanfaatan tersebut tidak berarti bahwa sistem seperti Dapodik atau EMIS selama ini hanya berfungsi sebagai arsip digital. Kedua sistem telah memiliki fungsi penting dalam pengelolaan dan perencanaan pendidikan. Persoalan yang lebih relevan adalah sejauh mana data yang tersedia dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung analisis prediktif, identifikasi risiko, dan perencanaan kurikulum. Kajian mengenai *Educational Data Mining* dan *Learning Analytics* menunjukkan bahwa rekam data pendidikan dapat digunakan untuk mengenali pola belajar, memprediksi performa, dan mendukung pengambilan keputusan pendidikan (Romero & Ventura, 2020).

Temuan ini sejalan dengan Nurhidayanti (2025) yang menempatkan analitik prediktif sebagai pendekatan yang berpotensi mendukung estimasi kebutuhan akademik dan pengambilan keputusan berbasis data. Perbedaannya, kerangka yang dirumuskan dalam penelitian ini tidak berhenti pada prediksi performa individual, tetapi menempatkan data mikro peserta didik sebagai salah satu masukan dalam proses perencanaan kurikulum yang juga mempertimbangkan perubahan kebutuhan kompetensi pada tingkat makro.

Sinkronisasi Kurikulum melalui Pembelajaran yang Dipersonalisasi (*Personalized Learning*)

Sintesis literatur juga mengindikasikan bahwa kecerdasan buatan dan analitik pembelajaran dapat membuka ruang bagi pembelajaran yang lebih adaptif terhadap perbedaan kebutuhan peserta didik. Data capaian pembelajaran, pola aktivitas pada *Learning Management System* (LMS), serta perkembangan kompetensi dapat digunakan untuk membantu mengenali kebutuhan dukungan belajar yang berbeda antara satu peserta didik dengan peserta didik lainnya.

Arah tersebut memiliki keterkaitan dengan prinsip fleksibilitas dalam pengembangan Kurikulum Merdeka, terutama pada penyesuaian pembelajaran terhadap kebutuhan peserta didik dan peningkatan kualitas proses belajar (Anggraena et al., 2022). Namun, personalisasi dalam kerangka penelitian ini tidak dimaknai sebagai pembentukan kurikulum individual yang sepenuhnya terpisah dari tujuan pendidikan nasional. Personalisasi lebih tepat ditempatkan sebagai kemampuan untuk memberikan variasi dukungan, jalur belajar, kedalaman materi, atau intervensi yang tetap berada dalam kerangka kompetensi yang ditetapkan.

Pemanfaatan AI untuk tujuan tersebut juga memiliki batas. Sistem algoritmik dapat mengenali pola berdasarkan data yang tersedia, tetapi tidak selalu mampu menangkap keseluruhan kondisi sosial, psikologis, budaya, dan pengalaman peserta didik. Holmes et al. (2019) dan Selwyn (2019) mengingatkan bahwa penggunaan AI dalam pendidikan perlu disertai perhatian terhadap bias, transparansi, privasi, dan posisi manusia dalam pengambilan keputusan. Oleh sebab itu, keluaran sistem analitik dalam kerangka ini ditempatkan sebagai dukungan terhadap keputusan pedagogis, bukan sebagai pengganti peran guru atau pengelola pendidikan.

Merespons Skills Gap Berdasarkan Perubahan Kebutuhan Kompetensi

Perubahan kebutuhan kompetensi merupakan salah satu indikator eksternal yang dapat dipertimbangkan dalam perencanaan kurikulum. Hasil sintesis terhadap perkembangan pasar kerja menunjukkan bahwa transformasi digital, kecerdasan buatan, otomatisasi, serta *big data* terus memengaruhi jenis keterampilan yang dibutuhkan. *Future of Jobs Report 2025*

menunjukkan bahwa kemampuan berpikir analitis tetap menjadi salah satu keterampilan inti, sementara AI dan *big data*, literasi teknologi, kreativitas, serta kemampuan beradaptasi termasuk dalam kelompok keterampilan yang menunjukkan pertumbuhan kebutuhan yang kuat (World Economic Forum, 2025).

Informasi tersebut tidak berarti bahwa isi kurikulum harus mengikuti perubahan pasar kerja secara langsung. Pendidikan memiliki tujuan yang lebih luas daripada memenuhi kebutuhan industri. Namun, proyeksi perubahan kompetensi dapat digunakan sebagai indikator eksternal untuk membantu pembuat kebijakan mengenali kemungkinan kesenjangan antara kompetensi lulusan dan lingkungan sosial-ekonomi yang akan mereka hadapi.

Dalam kerangka ini, *predictive analytics* berpotensi membantu mendeteksi perubahan lebih awal dengan menghubungkan kecenderungan eksternal dan capaian pendidikan. Akan tetapi, hasil prediksi tidak diterjemahkan secara otomatis menjadi perubahan kurikulum. Informasi tersebut tetap perlu dibaca bersama tujuan pendidikan nasional, kebutuhan peserta didik, konteks lokal, kesiapan guru, serta konsekuensi terhadap beban dan struktur pembelajaran. Dengan demikian, analitik prediktif lebih tepat berfungsi sebagai sistem pemberi sinyal (*early-warning information*) daripada sebagai mesin penentu kurikulum.

Transisi Menuju Tata Kelola Kurikulum Berbasis Data (*Data-Driven Policy*)

Nilai strategis analitik prediktif tidak hanya berada pada kemampuan memperkirakan apa yang mungkin terjadi. Prediksi baru memiliki nilai kebijakan ketika diterjemahkan menjadi beberapa alternatif tindakan dan dianalisis kemungkinan konsekuensinya. Pada titik ini, pendekatan *system dynamics* memberikan landasan konseptual untuk memahami sistem pendidikan sebagai jaringan hubungan yang memiliki *feedback loops*, keterlambatan respons, serta kemungkinan munculnya dampak yang tidak direncanakan (Forrester, 1994; Sterman, 2000).

Misalnya, penambahan kompetensi baru dalam kurikulum tidak hanya berhubungan dengan materi pembelajaran, tetapi juga dapat memengaruhi beban belajar, kebutuhan kompetensi guru, ketersediaan infrastruktur, pembiayaan, dan kesenjangan antarwilayah. Pemodelan sistem karena itu dapat digunakan untuk membantu pembuat kebijakan mempertimbangkan beberapa skenario sebelum suatu pilihan diterapkan secara luas. Kajian mutakhir juga menunjukkan bahwa pemodelan sistem dapat membantu memahami kemungkinan konsekuensi reformasi pendidikan sebelum kebijakan diimplementasikan pada skala yang lebih besar (Keith et al., 2024).

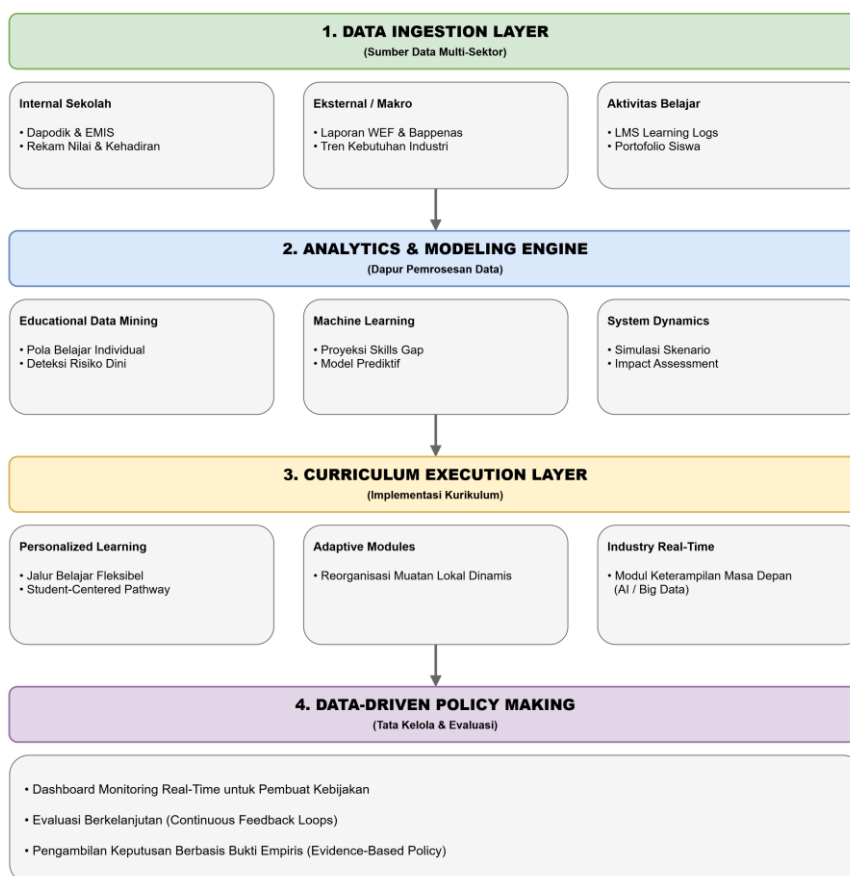
Tata kelola berbasis data yang dimaksud dalam penelitian ini dengan demikian tidak menempatkan data sebagai pengganti keputusan manusia. Data dan analitik menyediakan informasi, sedangkan keputusan tetap memerlukan interpretasi, pertimbangan normatif, dan

tanggung jawab institusional. Siklus tersebut memungkinkan hasil implementasi kembali menjadi data evaluasi sehingga proses perencanaan bergerak melalui *continuous feedback loops*.

Cetak Biru (*Blueprint*) Kurikulum Adaptif Berbasis *Predictive Analytics* dan AI

Berdasarkan sintesis terhadap dokumen kebijakan, perkembangan kebutuhan kompetensi, serta literatur mengenai *predictive analytics*, AI, *learning analytics*, dan *system dynamics*, penelitian ini merumuskan cetak biru konseptual empat pilar untuk perencanaan kurikulum masa depan. Kerangka tersebut mengindikasikan kemungkinan pergeseran dari perencanaan yang dominan bersifat reaktif menuju proses yang lebih proaktif, analitis, dan berkelanjutan.

Kontribusi model tidak terletak pada pengembangan algoritma tertentu, tetapi pada hubungan antara data pendidikan mikro, informasi eksternal makro, proses analitik-pemodelan, adaptasi kurikulum, dan tata kelola kebijakan dalam satu alur konseptual. Arsitektur model ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Hasil sintesis peneliti, 2026.

Gambar 1. Alur Arsitektur Sistem Cetak Biru Kurikulum Adaptif Berbasis *Predictive Analytics* dan Kecerdasan Buatan

Gambar 1 memperlihatkan empat lapisan yang saling berhubungan, yaitu *Data Ingestion Layer*, *Analytics and Modeling Engine*, *Curriculum Execution Layer*, dan *Data-Driven Policy Making*. Hubungan antarlapisan tidak bersifat satu arah. Hasil implementasi dan evaluasi pada lapisan kebijakan menghasilkan data baru yang dapat dikembalikan ke tahap pengumpulan dan analisis sehingga terbentuk siklus evaluasi berkelanjutan.

Cetak biru tersebut ditopang oleh empat pilar utama berikut.

1. Pilar Infrastruktur Data Terpadu (*Data Infrastructure*)

Pilar pertama menempatkan integrasi data sebagai fondasi model. Data internal dapat meliputi capaian akademik, kehadiran, aktivitas LMS, dan portofolio peserta didik, sedangkan sumber eksternal dapat berupa perkembangan kebutuhan kompetensi, perubahan teknologi, serta indikator pasar kerja nasional maupun global. Integrasi tersebut bersifat konseptual dan tidak berarti seluruh data harus dikumpulkan secara terus-menerus tanpa batas. Pengelolaan data perlu mengikuti prinsip relevansi, kualitas, interoperabilitas, keamanan, serta perlindungan data pribadi. Dengan demikian, kekuatan model tidak bergantung pada banyaknya data semata, tetapi pada kesesuaian dan kualitas informasi yang digunakan.

2. Pilar Mesin Analitik Prediktif dan Preskriptif (*Core Analytics Engine*)

Lapisan kedua mengusulkan penggunaan *Educational Data Mining*, *Learning Analytics*, *Predictive Analytics*, dan *Machine Learning* sebagai perangkat yang dapat membantu mengenali pola dan kecenderungan. *System dynamics* ditempatkan sebagai pendekatan untuk membaca hubungan antarvariabel serta mengeksplorasi kemungkinan konsekuensi dari alternatif kebijakan. Perlu ditegaskan bahwa penelitian ini tidak membangun atau menguji algoritma tersebut secara langsung. Teknologi tersebut merupakan komponen proposisional yang dapat dikembangkan pada tahap penelitian empiris berikutnya. Hasil analitik juga tidak diposisikan sebagai keputusan final, tetapi sebagai informasi pendukung bagi pembuat kebijakan.

3. Pilar Adaptasi dan Personalisasi Kurikulum (*Curriculum Execution*)

Pilar ketiga menerjemahkan informasi analitik ke dalam kemungkinan penyesuaian kurikulum dan pembelajaran. Bentuknya dapat berupa penyesuaian modul, dukungan belajar yang berbeda, penguatan kompetensi tertentu, atau pengembangan muatan yang relevan dengan konteks peserta didik. Adaptasi tidak berarti kurikulum berubah secara otomatis setiap kali sistem menemukan pola baru. Perubahan tetap harus mempertimbangkan tujuan pendidikan, kebutuhan lokal, kesiapan sekolah, kapasitas guru, serta implikasinya terhadap peserta didik.

4. Pilar Tata Kelola Berbasis Data (*Data-Driven Policy Making*)

Pilar keempat menempatkan hasil implementasi sebagai bagian dari proses evaluasi berkelanjutan. Dashboard, laporan analitik, dan sistem pemantauan dapat menyediakan

informasi bagi pembuat kebijakan, tetapi keputusan akhir tetap membutuhkan *human oversight*. Posisi manusia penting untuk mencegah keputusan kurikulum hanya bergantung pada logika algoritmik. Tata kelola juga perlu memuat mekanisme audit, perlindungan privasi, transparansi, serta evaluasi terhadap kemungkinan bias.

Tabel 2. Matriks Perbandingan Model Perencanaan Kurikulum

Aspek Perencanaan	Pendekatan Konvensional	Cetak Biru Berbasis AI dan Analitik
Sifat keputusan	Dominan berbasis evaluasi periodik	Mengarah pada keputusan yang lebih proaktif dan didukung analitik
Perlakuan terhadap data	Dominan digunakan untuk dokumentasi, pelaporan, dan evaluasi historis	Data juga berpotensi digunakan sebagai masukan prediksi dan perencanaan
Pola kurikulum	Standar umum dengan penyesuaian tertentu	Membuka ruang adaptasi dan personalisasi yang lebih luas
Respons terhadap perubahan eksternal	Dibaca melalui siklus evaluasi kebijakan	Perubahan dapat dipantau sebagai indikator untuk pertimbangan kebijakan
Pendekatan analisis	Dominan deskriptif dan evaluatif	Dapat diperluas dengan analitik prediktif dan simulasi
Peran AI	Tidak menjadi komponen utama	Berfungsi sebagai perangkat pendukung analisis
Pengambilan keputusan	Dilakukan manusia/institusi	Tetap dilakukan manusia dengan dukungan hasil analitik
Evaluasi	Periodik	Berpotensi dikembangkan menuju <i>continuous feedback loops</i>

Tabel 2 tidak dimaksudkan untuk menyatakan bahwa pendekatan konvensional sepenuhnya tidak relevan. Evaluasi periodik tetap diperlukan dalam tata kelola pendidikan. Kerangka yang diusulkan lebih tepat dipahami sebagai perluasan kemampuan analitik agar pembuat kebijakan memperoleh informasi yang lebih beragam sebelum mengambil keputusan.

Tabel 3. Matriks Komponen Cetak Biru Kurikulum Masa Depan

Arsitektur Utama	Subkomponen Operasional	Teknologi/Pendekatan yang Dapat Digunakan	Output Konseptual
1. Data Ingestion Layer	Data akademik, kehadiran, portofolio, aktivitas LMS, tren kompetensi dan pasar kerja	Integrasi basis data, API, <i>data warehouse</i>	Data terstruktur sebagai masukan proses analitik

2. Analytics & Modeling Engine	EDM, <i>learning analytics</i> , analisis <i>skills gap</i> , pemodelan skenario	<i>Predictive Analytics, Machine Learning, System Dynamics</i>	Indikator pola, risiko, kecenderungan kompetensi, dan alternatif skenario
3. Curriculum Adaptation Layer	<i>Personalized learning</i> , modul adaptif, penguatan kompetensi, penyesuaian muatan	<i>Adaptive learning dan recommender systems</i>	Alternatif adaptasi pembelajaran dan kurikulum
4. Policy & Governance	Monitoring, evaluasi, audit data, peninjauan regulasi	Dashboard analitik dan sistem pelaporan	Informasi bagi pengambilan keputusan serta evaluasi berkelanjutan

Teknologi yang ditampilkan dalam Tabel 3 bersifat proposisional. Penelitian ini tidak melakukan integrasi API, *web scraping*, membangun model *machine learning*, maupun mengimplementasikan *recommender system*. Komponen tersebut menunjukkan kemungkinan perangkat teknis yang dapat digunakan apabila kerangka dikembangkan dan diuji pada penelitian lanjutan.

Tahapan Implementasi Strategis (*Roadmap*)

Pengembangan kerangka lebih tepat dilakukan secara bertahap agar kelayakan teknis, pedagogis, dan etik dapat diuji sebelum penerapan yang lebih luas.

1. Fase 1: Integrasi dan Audit Data

Tahap awal diarahkan pada pemetaan sumber data, pemeriksaan kualitas data, interoperabilitas sistem, keamanan, serta mekanisme perlindungan data peserta didik. Tahapan ini penting karena akurasi analitik sangat bergantung pada kualitas data masukan.

2. Fase 2: Pengembangan dan Validasi Model Prediktif

Model prediktif dikembangkan pada skala terbatas menggunakan data historis yang telah melalui proses audit. Penilaian tidak hanya diarahkan pada akurasi, tetapi juga pada potensi bias, interpretabilitas, dan relevansi hasil bagi kebutuhan pendidikan.

3. Fase 3: Uji Coba Kurikulum Adaptif

Hasil analitik diuji dalam konteks pembelajaran terbatas melalui *pilot project*. Pada tahap ini, keterlibatan guru, pengelola pendidikan, peserta didik, dan pemangku kepentingan diperlukan untuk menilai apakah rekomendasi analitik benar-benar relevan secara pedagogis.

4. Fase 4: Evaluasi Kebijakan dan Simulasi Skenario

Data dari tahap uji coba digunakan untuk mengevaluasi dampak implementasi. *System dynamics* dapat dikembangkan untuk mengeksplorasi hubungan antarvariabel serta kemungkinan konsekuensi apabila kebijakan diperluas.

5. Fase 5: Pertimbangan Skalabilitas

Implementasi lebih luas baru dipertimbangkan apabila kerangka menunjukkan kelayakan dari sisi data, akurasi model, kesiapan infrastruktur, penerimaan pengguna, perlindungan privasi, dan relevansi pedagogis.

Roadmap tersebut bersifat konseptual dan tidak dimaksudkan sebagai jadwal implementasi nasional yang telah ditetapkan.

Analisis Kritis, Keterbatasan, dan Implikasi Kebijakan

Komparasi dan Keunggulan Model Cetak Biru

Kerangka yang diusulkan memiliki titik temu dengan kajian terdahulu mengenai analitik prediktif dan tata kelola pendidikan berbasis data. Nurhidayanti (2025) menempatkan analitik prediktif pada pemanfaatan data untuk mendukung kebutuhan akademik, sedangkan Nurdin (2025) membahas perencanaan pendidikan berbasis data sebagai bagian dari penguatan tata kelola. Nuroini dan Purnomo (2026) lebih banyak membahas pemanfaatan *data analytics* dalam pengawasan dan evaluasi pada tingkat satuan pendidikan.

Kontribusi penelitian ini terletak pada perluasan hubungan tersebut menuju perencanaan kurikulum pada tingkat yang lebih luas. Data mikro dari peserta didik ditempatkan bersama indikator makro mengenai perubahan kebutuhan kompetensi. Hasil analitik kemudian tidak berhenti pada tahap prediksi, tetapi dihubungkan dengan adaptasi kurikulum, pemodelan skenario, dan *feedback loop* tata kelola.

Kelebihan konseptual model dapat dilihat pada empat aspek. Pertama, kerangka menghubungkan data internal dan eksternal. Kedua, prediksi diperlakukan sebagai bagian awal dari proses keputusan, bukan sebagai hasil akhir. Ketiga, adaptasi kurikulum dihubungkan dengan evaluasi berkelanjutan. Keempat, manusia tetap ditempatkan sebagai pengambil keputusan akhir.

Namun, kelebihan tersebut masih bersifat konseptual. Literatur menunjukkan bahwa keberhasilan pengambilan keputusan berbasis data sangat dipengaruhi oleh literasi data, kapasitas institusi, kompetensi sumber daya manusia, dan budaya organisasi (Hegstedt et al., 2023). Pengembangan teknologi pendidikan berbasis data juga memerlukan interoperabilitas sistem serta keterlibatan pengguna dalam proses desain agar solusi teknologi sesuai dengan konteks implementasi (Ogata et al., 2024).

Keterbatasan dan Tantangan Penerapan Model

1. Kualitas Data

Analitik prediktif bekerja berdasarkan pola yang terdapat pada data masukan. Data yang tidak lengkap, tidak konsisten, atau mengandung bias dapat menghasilkan rekomendasi

yang tidak tepat. Oleh karena itu, prinsip *garbage in, garbage out* menjadi risiko mendasar yang perlu diperhatikan sebelum sistem analitik diterapkan.

2. Kesenjangan Infrastruktur Digital

Kesiapan digital antarwilayah dan antarinstansi pendidikan tidak seragam. Penerapan sistem berbasis AI secara luas tanpa mempertimbangkan kesenjangan tersebut berpotensi menghasilkan ketimpangan baru. Teknologi karena itu perlu disesuaikan dengan kapasitas institusi, bukan sebaliknya (Selwyn, 2019).

3. Etika dan Privasi Data Peserta Didik

Penggunaan rekam aktivitas belajar dalam skala besar dapat menimbulkan persoalan privasi, keamanan, dan transparansi penggunaan data. Kajian mengenai *learning analytics* menunjukkan bahwa perlindungan privasi perlu ditempatkan sejak tahap desain sistem, bukan hanya setelah teknologi diterapkan (Liu & Khalil, 2023).

4. Bias Algoritmik dan Pelabelan

Prediksi mengenai risiko atau performa peserta didik bersifat probabilistik, bukan kepastian. Apabila digunakan tanpa interpretasi manusia, prediksi tersebut dapat menimbulkan pelabelan terhadap siswa dan memengaruhi kesempatan belajar mereka.

5. Risiko Orientasi Pasar yang Berlebihan

Data pasar kerja tidak boleh menjadi satu-satunya dasar perubahan kurikulum. Pendidikan memiliki fungsi sosial, budaya, etika, kewargaan, dan pengembangan manusia yang lebih luas. Oleh sebab itu, indikator industri ditempatkan sebagai salah satu masukan, bukan penentu tunggal.

6. Status Model yang Masih Konseptual

Kerangka empat pilar belum diuji melalui integrasi data nyata, belum memiliki pengukuran akurasi prediktif, dan belum divalidasi pada konteks institusi pendidikan. Hal ini membatasi kemungkinan generalisasi model pada tahap sekarang.

Implikasi Kebijakan (Policy Implications)

Hasil kajian mengindikasikan beberapa implikasi bagi pengembangan kebijakan pendidikan. Pertama, pengembangan sistem berbasis AI sebaiknya dimulai dari penguatan tata kelola data. Standardisasi, interoperabilitas, audit kualitas, serta keamanan data merupakan prasyarat sebelum model analitik diterapkan.

Kedua, penerapan AI perlu menggunakan prinsip *human-in-the-loop*. Hasil analisis berfungsi sebagai rekomendasi, sedangkan keputusan mengenai perubahan kurikulum tetap berada pada pembuat kebijakan, pengelola pendidikan, dan tenaga profesional yang memahami konteks pendidikan.

Ketiga, implementasi sebaiknya dimulai melalui *pilot project* terbatas. Uji coba diperlukan untuk menilai akurasi model, keterbacaan hasil analitik, respons pengguna, dampak pedagogis, serta kesiapan infrastruktur.

Keempat, perlindungan data dan etika algoritmik perlu menjadi bagian dari arsitektur tata kelola sejak awal. Transparansi, keamanan, keadilan algoritmik, mekanisme audit, dan hak untuk mempertanyakan hasil rekomendasi sistem merupakan bagian penting dari penerapan AI yang bertanggung jawab.

Kelima, informasi mengenai perkembangan kompetensi perlu diseimbangkan dengan tujuan pendidikan nasional dan kebutuhan lokal. Dengan demikian, kerangka ini tidak diarahkan untuk menjadikan kurikulum tunduk pada perubahan pasar kerja, tetapi untuk memperluas basis informasi yang tersedia bagi proses perencanaan.

Kesimpulan

Hasil kajian menunjukkan bahwa perencanaan kurikulum masa depan dapat diarahkan menuju pendekatan yang lebih adaptif melalui pemanfaatan *predictive analytics*, kecerdasan buatan, dan *system dynamics* dalam satu kerangka perencanaan berbasis data. Sintesis literatur menghasilkan arsitektur konseptual empat lapis yang terdiri atas *Data Ingestion Layer*, *Analytics and Modeling Engine*, *Curriculum Adaptation Layer*, serta *Data-Driven Policy and Governance*. Keempat lapisan tersebut menggambarkan hubungan antara data pendidikan pada tingkat mikro, informasi perubahan kompetensi pada tingkat makro, proses analitik dan pemodelan, adaptasi kurikulum, serta evaluasi kebijakan melalui *continuous feedback loops*.

Kontribusi utama penelitian ini tidak terletak pada pengembangan algoritma baru, tetapi pada penyusunan kerangka konseptual yang menghubungkan proses prediksi dengan pengambilan keputusan kurikulum secara lebih sistematis. Dalam kerangka tersebut, *predictive analytics* berfungsi untuk membantu mengenali pola, risiko, dan kecenderungan kebutuhan kompetensi, sedangkan *system dynamics* dapat digunakan untuk membaca hubungan antarvariabel dan kemungkinan konsekuensi dari alternatif kebijakan. Kecerdasan buatan ditempatkan sebagai perangkat pendukung analisis dan personalisasi, bukan sebagai pengganti pertimbangan profesional. Oleh karena itu, keputusan kurikulum tetap memerlukan *human oversight*, pertimbangan pedagogis, konteks lokal, serta kesesuaian dengan tujuan pendidikan nasional.

Kerangka yang dihasilkan masih berada pada tataran konseptual dan belum divalidasi melalui implementasi empiris pada institusi pendidikan. Kelayakan penerapannya juga bergantung pada kualitas dan interoperabilitas data, kesiapan infrastruktur digital, literasi data pengguna, perlindungan privasi peserta didik, transparansi algoritmik, serta kemampuan institusi mengelola risiko bias dan ketimpangan. Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan dan menguji model ini melalui *pilot project* dalam skala terbatas, termasuk menguji akurasi model prediktif, respons pengguna, relevansi rekomendasi terhadap pengembangan kurikulum, serta dampak pedagogis dan kebijakan yang mungkin ditimbulkan. Validasi tersebut diperlukan sebelum kerangka ini dapat dipertimbangkan untuk implementasi pada skala yang lebih luas

Daftar Pustaka

- Alalawi, K., Athauda, R., & Chiong, R. (2025). An extended learning analytics framework integrating machine learning and pedagogical approaches for student performance prediction and intervention. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 35, 1239–1287. <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00429-7>
- Anggraena, Y., Felicia, N., Eprijum, D., Pratiwi, I., Utama, B., Alhapip, L., & Widiawati, D. (2022). *Kajian akademik kurikulum untuk pemulihan pembelajaran*. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran, Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Ersozlu, Z., Taheri, S., & Koch, I. (2024). A review of machine learning methods used for educational data. *Education and Information Technologies*, 29, 22125–22145. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12704-0>
- Forrester, J. W. (1994). *Learning through system dynamics as preparation for the 21st century* [Keynote address]. Systems Thinking and Dynamic Modeling Conference for K–12 Education, Concord Academy, Concord, Massachusetts.
- Hegestedt, R., Nouri, J., Rundquist, R., & Fors, U. (2023). Data-driven school improvement and data-literacy in K-12: Findings from a Swedish national program. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 18(15), 189–208. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i15.37241>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Keith, D. R., Yadama, A., O'Neill, E., & Chung, S. (2024). Anticipating the side effects of educational reform using system dynamics modeling. *Review of Research in Education*, 48(1), 1–27. <https://doi.org/10.3102/0091732X241260012>
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). SAGE Publications.
- Liu, Q., & Khalil, M. (2023). Understanding privacy and data protection issues in learning analytics using a systematic review. *British Journal of Educational Technology*, 54(6), 1715–1747. <https://doi.org/10.1111/bjet.13388>
- Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO.
- Nurdin, M. N. I. (2025). Strategi perencanaan pendidikan berbasis data untuk meningkatkan mutu sekolah di era Society 5.0. *As-Sulthan Journal of Education*, 2(1), 313–321.
- Nurhidayanti, M. (2025). Pemanfaatan analitik prediktif untuk peningkatan kinerja sistem informasi di sektor pendidikan. *Jurnal Komputer dan Teknologi Informasi (JUKOMTIK)*, 1(1), 22–28.
- Nuroini, N., & Purnomo, M. S. (2026). Analisis pengawasan berbasis data analytics dalam meningkatkan akuntabilitas evaluasi pendidikan di era transformasi digital MTs. Al Falah Putri Wuluhan. *As-Sulthan Journal of Education*, 3(1), 348–359.
- Ogata, H., Liang, C., Toyokawa, Y., Hsu, C.-Y., Nakamura, K., Yamauchi, T., Flanagan, B., Dai, Y., Takami, K., Horikoshi, I., & Majumdar, R. (2024). Co-designing data-driven educational technology and practice: Reflections from the Japanese context.

Technology, Knowledge and Learning, 29, 1711–1732.
<https://doi.org/10.1007/s10758-024-09759-w>

Republik Indonesia. (2003). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional*.

Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355.
<https://doi.org/10.1002/widm.1355>

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.

Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. McGraw-Hill.

World Economic Forum. (2025). *Future of jobs report 2025*. World Economic Forum.