

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem Pembelajaran Adaptif hadir sebagai pengembangan dari *platform e-learning* konvensional yang memiliki keterbatasan dalam fleksibilitas (Gajah & Fatonah, n.d.; Oleh et al., n.d.). Platform standar umumnya menyajikan materi seperti video dan kuis dalam urutan baku yang telah ditetapkan oleh guru. Metode ini membuat alur pembelajaran menjadi linear dan statis sehingga siswa hanya dapat mengikuti rute belajar yang seragam (Joy & Pillai, 2022). Akibatnya setiap siswa menerima materi yang identik tanpa memandang perbedaan kemampuan awal mereka. Sistem Pembelajaran Adaptif dikembangkan untuk menangani masalah rigiditas tersebut melalui pendekatan yang lebih personal. Sistem ini bekerja dengan merekam aktivitas belajar siswa secara langsung meliputi perolehan nilai kuis, durasi pengerjaan, dan frekuensi akses materi. Informasi tersebut digunakan untuk memodifikasi elemen pembelajaran secara otomatis seperti tingkat kesulitan atau urutan topik agar sesuai dengan kebutuhan spesifik siswa.

Penerapan pendekatan *one-size-fits-all* pada platform *e-learning* standar memunculkan berbagai kendala dalam proses pembelajaran. Masalah utama terletak pada ketidakmampuan sistem untuk mengakomodasi keragaman kemampuan siswa yang memiliki pengetahuan awal maupun kecepatan belajar berbeda. Kondisi ini berdampak negatif pada motivasi belajar karena siswa dengan pemahaman tinggi cenderung merasa jenuh akibat materi yang terlalu dasar sedangkan siswa yang tertinggal justru merasa kewalahan. Dampak dari ketidaksesuaian materi ini terbukti menjadi penyebab utama tingginya angka putus sekolah pada platform berskala besar seperti MOOCs (Agarwal et al., 2022; Imamah et al., 2023). Kendala teknis lainnya adalah guru kesulitan mengidentifikasi siswa yang mengalami hambatan konseptual sejak dini karena sistem konvensional hanya melaporkan nilai akhir tanpa disertai analisis pola kesalahan jawaban.

Platform LMS populer seperti Google Classroom atau SEVIMA EdLink saat ini memang mendominasi kegiatan pembelajaran di Institusi Pendidikan. Kendati demikian platform tersebut dirancang sebagai sistem serbaguna yang

fungsi utamanya hanya sebatas penyimpanan materi dan pengelolaan administrasi kelas. Kelemahan mendasar dari sistem ini adalah ketiadaan fitur cerdas untuk menganalisis konteks materi ajar sehingga beban perbaikan pemahaman siswa sepenuhnya berada di tangan guru. Kondisi ini mengharuskan guru untuk memeriksa jawaban satu per satu dan menentukan materi tambahan secara manual yang tentunya memakan waktu lama dan rentan terlewat. Penelitian ini berfokus untuk menyelesaikan masalah ketidakefisienan tersebut dengan membangun sistem yang mampu mendeteksi kesenjangan pemahaman secara rinci. Tantangan utama yang dihadapi adalah bagaimana sistem dapat menunjuk lokasi kesalahan siswa hingga level sub-bab. Sebagai contoh dalam mata pelajaran Biologi sistem konvensional biasanya hanya mendeteksi nilai rendah pada modul Sistem Sel secara keseluruhan sehingga siswa terpaksa mengulang seluruh bab. Melalui pendekatan yang diusulkan sistem diharapkan mampu melacak kesalahan spesifik seperti ketidakpahaman pada konsep fungsi Mitokondria saja agar rekomendasi belajar menjadi lebih tepat sasaran.

Literatur akademik telah mengeksplorasi berbagai solusi teknis untuk menjawab tantangan personalisasi dalam sistem pembelajaran. Pendekatan yang paling umum diadopsi adalah *Rule-Based System* yang bekerja dengan menduplikasi logika pengambilan keputusan seorang pengajar ke dalam serangkaian aturan komputasi. Penerapan metode ini terlihat pada penelitian Henderi dkk pada tahun 2020 yang merancang jalur pembelajaran adaptif dengan mengevaluasi tingkat pemahaman siswa secara dinamis berdasarkan interaksi materi (Henderi et al., 2020). Selain pendekatan berbasis aturan terdapat juga metode *Content-Based Filtering* yang berfokus pada rekomendasi materi berdasarkan kemiripan isi. Metode ini diterapkan oleh Gajah dan Fatonah pada tahun 2021 dalam sistem rekomendasi perpustakaan sekolah yang memanfaatkan algoritma *Cosine Similarity* untuk menghitung tingkat kesamaan antar buku berdasarkan atribut seperti judul dan pengarang (Gajah & Fatonah, n.d.).

Kedua pendekatan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing jika diterapkan dalam konteks pembelajaran adaptif. Metode *Rule-Based System* unggul dalam aspek transparansi karena logika pengambilan keputusannya jelas dan mudah divalidasi oleh pengajar. Kendati demikian kelemahan utama

sistem ini terletak pada kaku dan sulitnya pengembangan aturan. Proses pembuatan aturan harus dilakukan secara manual oleh pakar sehingga sangat tidak efisien jika diterapkan pada materi ajar yang kompleks dan terus bertambah. Sistem ini juga memiliki keterbatasan dalam menyeleksi konten materi secara otomatis. Sementara itu metode *Content-Based Filtering* konvensional dengan TF-IDF memang menawarkan keunggulan dalam pencarian dokumen secara otomatis. Akan tetapi metode ini memiliki kelemahan mendasar karena hanya bekerja berdasarkan pencocokan kata kunci tanpa memahami konteks makna atau semantik (Uta et al., 2024). Keterbatasan ini sering menyebabkan kegagalan rekomendasi ketika terdapat perbedaan istilah antara pertanyaan siswa dan materi ajar serta memicu rekomendasi yang terlalu monoton sehingga membatasi eksplorasi materi (Monika et al., 2025; Rolanda et al., 2023).

Untuk mengatasi keterbatasan metode tunggal, penelitian ini mengajukan pengembangan sistem rekomendasi bahan ajar hibrida yang mengintegrasikan Rule-Based System dengan Sentence-BERT untuk menjawab tantangan presisi tersebut (Imamah et al., 2023). Pendekatan ini dipilih karena mampu menggabungkan keunggulan kontrol pedagogis yang terukur dengan fleksibilitas pemahaman bahasa alami. Dalam arsitektur yang diusulkan RBS difungsikan sebagai mekanisme kontrol utama yang bertugas menentukan kapan intervensi remedial diperlukan berdasarkan aturan nilai yang deterministik. Keputusan tersebut kemudian diproses lebih lanjut oleh SBERT untuk menangani akurasi relevansi konten. Berbeda dengan metode pencarian kata kunci biasa SBERT memanfaatkan representasi vektor untuk memahami hubungan makna antar teks sehingga mampu mendeteksi kesamaan konteks meskipun tidak terdapat kecocokan kata yang persis. Integrasi ini memungkinkan sistem tidak sekadar mendeteksi kebutuhan remedial tetapi juga menyajikan konten mikro yang relevan secara semantik. Guna memvalidasi efektivitas metode usulan tersebut secara objektif penelitian ini menerapkan skema pengujian satu sistem dengan dua mode operasi yaitu Mode Konvensional dan Mode Adaptif. Strategi ini dipilih untuk menjamin keadilan perbandingan data karena kedua kelompok uji menggunakan basis data materi dan antarmuka yang sama persis sehingga bias akibat faktor eksternal dapat dihilangkan.

Implementasi metode hibrida dalam penelitian ini diharapkan memberikan hasil terukur pada tiga aspek utama. Pertama adalah peningkatan hasil belajar siswa yang dibuktikan melalui selisih skor pre-test dan post-test atau N-Gain yang lebih tinggi pada kelas adaptif dibandingkan kelas konvensional. Kedua sistem diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi materi dengan tingkat presisi semantik yang akurat sehingga materi yang disarankan benar-benar relevan dengan kesalahan konsep siswa. Ketiga adalah efisiensi waktu belajar yang tercipta karena siswa tidak perlu lagi mempelajari ulang satu modul utuh untuk memperbaiki pemahaman pada sub-topik tertentu. Selain itu sistem juga ditargetkan memiliki waktu respons yang cepat dalam memproses penilaian esai dan pencarian konten agar kenyamanan interaksi pengguna tetap terjaga.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.2.1 Permasalahan

Berdasarkan analisis latar belakang yang telah dipaparkan penelitian ini mengidentifikasi kendala utama terkait efektivitas personalisasi dalam sistem pembelajaran daring. Adapun rincian permasalahan teknis dan pedagogis yang menjadi fokus penelitian adalah sebagai berikut.

1. Sistem pembelajaran *e-learning* konvensional menerapkan pendekatan *one-size-fits-all* yang menyajikan materi seragam bagi seluruh pengguna tanpa mempertimbangkan perbedaan kemampuan individu. Mekanisme ini gagal mengakomodasi variasi kecepatan belajar siswa sehingga berdampak langsung pada rendahnya peningkatan hasil belajar.
2. Metode *Content-Based Filtering* berbasis TF-IDF memiliki kelemahan fundamental karena tidak mampu memahami konteks semantik di luar kecocokan kata kunci. Di sisi lain metode *Rule-Based System* meskipun unggul dalam kontrol logika menghadapi kendala skalabilitas saat harus menentukan materi perbaikan secara presisi pada basis data yang besar.

1.2.2 Metode Usulan

Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pembelajaran tunggal yang mampu beroperasi dalam dua mode yaitu Konvensional dan Adaptif untuk

menjamin efisiensi pengelolaan data. Komponen kecerdasan buatan dalam mode adaptif dibangun menggunakan arsitektur hibrida yang terdiri dari dua bagian utama berikut:

1. *Rule-Based System* berperan sebagai mesin inferensi utama untuk menentukan strategi pembelajaran berdasarkan aturan yang telah ditetapkan. Komponen ini menganalisis skor kuis dan perilaku belajar siswa guna mengambil keputusan terkait pemberian materi remedial atau pengayaan.
2. *Content-Based Filtering* berbasis *Sentence-BERT* berfungsi sebagai mesin rekomendasi konten yang bekerja secara semantik. Keputusan intervensi dari sistem aturan akan diproses oleh komponen ini untuk menelusuri bank materi dan menyajikan konten spesifik yang paling relevan secara makna tanpa bergantung pada kesamaan kata kunci.

1.2.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut maka pertanyaan penelitian yang akan dijawab adalah sebagai berikut.

1. Apakah penerapan sistem LMS adaptif hibrida mampu memberikan peningkatan hasil belajar siswa yang lebih tinggi secara signifikan jika dibandingkan dengan penggunaan LMS konvensional?
2. Bagaimana kelayakan sistem pembelajaran adaptif hibrida yang dikembangkan jika diukur berdasarkan keberhasilan fungsi fitur dan tingkat penerimaan pengguna?

1.3. Tujuan & Manfaat

1.3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan untuk mencapai sasaran ilmiah yang terukur terkait efektivitas dan kualitas metode pembelajaran yang diusulkan. Adapun tujuan spesifik yang hendak dicapai adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui perbedaan peningkatan hasil belajar siswa yang menggunakan sistem LMS adaptif hibrida dibandingkan dengan siswa yang menggunakan LMS konvensional.
2. Mengetahui tingkat kelayakan sistem pembelajaran adaptif hibrida yang dikembangkan berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas sistem dan

pengujian penerimaan pengguna.

1.3.2. Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif baik secara praktis maupun teoritis bagi berbagai pihak yang terlibat dalam ekosistem pendidikan. Manfaat yang dapat diperoleh dari implementasi sistem ini diuraikan sebagai berikut:

1. Siswa dapat memperoleh materi remedial yang spesifik dan relevan dengan kebutuhan belajarnya sehingga proses perbaikan pemahaman materi menjadi lebih efisien tanpa harus mengulang materi yang sudah dikuasai.
2. Guru terbantu dalam memantau perkembangan pemahaman siswa secara otomatis dan dapat memberikan intervensi personal tanpa perlu melakukan pemeriksaan jawaban manual yang berulang untuk setiap individu.
3. Institusi pendidikan mendapatkan alternatif solusi teknologi pembelajaran adaptif yang dapat diterapkan secara nyata untuk meningkatkan standar kualitas dan efektivitas pembelajaran digital di lingkungan sekolah.
4. Peneliti dan akademisi mendapatkan referensi baru mengenai penerapan metode hibrida aturan dan semantik untuk meningkatkan presisi personalisasi konten dalam pengembangan sistem pembelajaran cerdas.

1.4 Batasan-batasan

Untuk menjaga agar penelitian tetap fokus dan dapat diselesaikan dalam waktu yang ditentukan, maka penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut

1. Sistem yang dibangun merupakan purwarupa fungsional berbasis *website* yang dikembangkan menggunakan *framework* Laravel dan Python kemudian Database MySQL dan ChromaDB. Penelitian ini tidak mencakup aspek keamanan jaringan tingkat lanjut maupun optimalisasi beban *server*.
2. Materi pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada mata pelajaran Biologi tingkat SMA dengan empat topik tertentu, yaitu dua materi yang telah dipelajari berupa Sistem Ekskresi dan Sistem Saraf serta dua materi yang belum dipelajari berupa Sistem Reproduksi dan Sistem Imun. Sistem rekomendasi yang dikembangkan hanya memproses materi

berbasis teks dan tidak mencakup analisis konten dalam bentuk audio, video, maupun gambar.

3. Lokasi penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Bangkalan dengan subjek penelitian siswa kelas 11 F1 dan siswa kelas 11 F4. Pengujian dilakukan menggunakan metode eksperimen cross validation yang membagi siswa ke dalam dua kelompok yaitu Kelompok F1 dan Kelompok F4 yaitu:
 - Kelompok F1 2 Materi yang sudah diajarkan memakai sistem reguler dan 2 materi yg belum diajarkan memakai sistem adaptif.
 - Kelompok F4 2 materi yang sudah diajarkan memakai sistem adaptif dan 2 materi yang belum diajarkan memakai sistem reguler.
4. Fokus analisis penelitian adalah pada pengukuran peningkatan hasil belajar siswa menggunakan metode *N-Gain* dan pengujian fungsionalitas sistem. Penelitian ini tidak melakukan perbandingan performa komputasi antar algoritma rekomendasi lain.
5. Instrumen evaluasi dalam sistem terbatas pada soal format pilihan ganda dan esai singkat. Penilaian otomatis untuk esai menggunakan model *SBERT Pre-trained* varian *BAAI/bge-m3* tanpa melakukan proses pelatihan ulang model (*fine-tuning*) dari awal.
6. Parameter penilaian esai otomatis pada algoritma difokuskan pada toleransi kemiripan semantik. Aturan pemotongan nilai (*penalty rule*) untuk terminologi leksikal dinonaktifkan guna mengakomodasi fleksibilitas gaya bahasa siswa pada mata pelajaran Biologi.
7. Operasional pengujian sistem evaluasi berjalan secara mandiri tanpa pengawasan terintegrasi (*unproctored*), sehingga variabel keamanan perangkat klien terhadap akses eksternal (seperti mesin pencari) tidak dibatasi di dalam sistem.
8. Fokus evaluasi hasil belajar pada *Learning Management System* (LMS) ini dibatasi secara eksklusif pada ranah kognitif tingkat pengetahuan melalui instrumen pilihan ganda dan esai, serta belum mencakup penilaian pada ranah psikomotorik maupun afektif berbasis proyek.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran yang terstruktur mengenai keseluruhan rencana penelitian. Adapun sistematikanya adalah sebagai berikut:

1. **BAB I: PENDAHULUAN** Bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah yang mencakup permasalahan, metode usulan, dan pertanyaan penelitian. Selain itu, dijelaskan pula tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.
2. **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA** Bab ini akan menguraikan landasan teori yang relevan dengan penelitian, seperti konsep *e-learning*, Sistem Pembelajaran Adaptif, *Rule-Based System*, *Content-Based Filtering*, serta teknologi SBERT. Bab ini juga akan menyajikan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan atau *state-of-the-art* untuk menunjukkan posisi dan kebaruan dari penelitian yang diusulkan.
3. **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN** Bab ini akan menjelaskan secara rinci langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian, mulai dari tahap analisis kebutuhan, perancangan arsitektur sistem, perancangan *ruleset*, implementasi hingga metode pengujian dan evaluasi efektivitas sistem menggunakan desain eksperimen pre-test dan post-test.
4. **BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN** Bab ini menjelaskan mengenai hasil dari penerapan pemodelan hingga ke sistem yang telah dikembangkan, termasuk pengujian dan evaluasi yang telah dilakukan selama penelitian.
5. **BAB V: PENUTUP** Bab ini menjelaskan mengenai hasil kesimpulan yang diperoleh dan memberikan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.
6. **DAFTAR PUSTAKA** Berisi daftar semua sumber referensi dan literatur yang digunakan dalam penyusunan proposal penelitian ini.