

Pendekatan Hibrida K-Means Clustering Dan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Di Politeknik Bisnis Indonesia

Hybrid Approach of K-Means Clustering and Genetic Algorithm for Optimizing Lecture Scheduling at Indonesian Business Polytechnic

Andi Setiadi Manalu^{*1}, Erwin Sirait², Firinta Togatorop³, Doris Yolanda Saragih⁴, Hengki Mangiring Parulian Simarmata⁵

^{*1}Teknik Komputer, Politeknik Bisnis Indonesia, Simalungun, Sumut

^{2,5}Komputer Akuntansi, Politeknik Bisnis Indonesia, Simalungun, Sumut

³Sekretari, Politeknik Bisnis Indonesia, Simalungun, Sumut

⁴Keuangan dan Perbankan, Politeknik Bisnis Indonesia, Simalungun, Sumut

E-mail : andi.manaloe@gmail.com^{*1}, esirait946@gmail.com², firintatogatorop@gmail.com³, doris yolandasaragih@gmail.com⁴, hengkisimarmata.mm@gmail.com⁵

^{*}Corresponding author

Received 2 July 2026; Revised 30 July 2026; Accepted 31 July 2026

Abstrak - Penyusunan jadwal perkuliahan merupakan permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks, terutama pada institusi vokasi seperti Politeknik Bisnis Indonesia, di mana alokasi ruang kelas dan laboratorium harus dikelola dengan presisi. Penyusunan secara manual rentan terhadap kesalahan (*human error*), memakan waktu lama, dan sering kali menghasilkan jadwal yang tumpang tindih. Penelitian ini mengusulkan pendekatan hibrida yang menggabungkan metode *K-Means Clustering* dan Algoritma Genetika untuk mengotomatisasi serta mengoptimalkan proses penjadwalan. Pada tahap pra-pemrosesan, *K-Means Clustering* diimplementasikan untuk mengklasifikasikan ruangan berdasarkan kapasitas kursi agar sesuai dengan estimasi rasio jumlah mahasiswa per kelas, yang bertujuan untuk mempersempit ruang pencarian (*search space*). Selanjutnya, Algoritma Genetika diterapkan sebagai mesin komputasi utama untuk mengevaluasi kromosom jadwal berdasarkan batasan mutlak (*hard constraints*), yaitu mencegah terjadinya bentrok jadwal mengajar dosen pada waktu yang bersamaan dan bentrok penggunaan ruangan fisik. Pengujian sistem menunjukkan bahwa pendekatan hibrida ini berhasil memproduksi 100% jadwal perkuliahan tanpa bentrok (*fitness value* = 1) dengan waktu eksekusi komputasi yang efisien. Selain otomatisasi cerdas, sistem informasi berbasis *web* menggunakan *framework* Laravel 13 yang dikembangkan juga mengakomodasi intervensi manusia (*human-in-the-loop*) melalui fitur *override* manual guna menangani penyesuaian kebijakan akademik insidental. Implementasi sistem ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi tata kelola administrasi akademik dan mengeliminasi redundansi jadwal.

Kata Kunci - Algoritma Genetika; K-Means Clustering; Penjadwalan Akademik; Optimasi Kombinatorial; Sistem Informasi Akademik

Abstract - Lecture scheduling is a complex combinatorial optimization problem, particularly in vocational institutions such as Politeknik Bisnis Indonesia, where the allocation of classrooms and laboratories must be managed with high precision. Manual scheduling is highly susceptible to human error, time-consuming, and frequently results in overlapping schedules. This study proposes a hybrid approach combining *K-Means Clustering* and a Genetic Algorithm to automate and optimize the scheduling process. In the pre-processing stage, *K-Means Clustering* is implemented to classify rooms based on seating capacity to match the estimated student-to-class ratio, aiming to significantly narrow the computational search space. Subsequently, the Genetic Algorithm is applied as the core engine to evaluate schedule chromosomes based on hard constraints, specifically preventing overlapping lecturer teaching hours and physical room usage conflicts. System testing demonstrates that this hybrid approach successfully generates 100%

clash-free lecture schedules (fitness value = 1) with efficient computational execution time. In addition to intelligent automation, the developed web-based information system using the Laravel 13 framework accommodates human intervention (human-in-the-loop) through a manual override feature to handle incidental academic policy adjustments. The implementation of this system is proven to enhance the efficiency of academic administrative governance and effectively eliminate schedule redundancies.

Keywords - Genetic Algorithm; K-Means Clustering; Academic Timetabling; Combinatorial Optimization; Academic Information System

1. PENDAHULUAN

Penyelenggaraan pendidikan tinggi yang berkualitas sangat bergantung pada efisiensi tata kelola administrasi akademik, salah satunya adalah penyusunan jadwal perkuliahan. Penjadwalan mata kuliah merupakan masalah optimasi kombinatorial berskala besar yang masuk dalam klasifikasi *Non-Deterministic Polynomial-time Hard* (NP-Hard) [1]. Kompleksitas penjadwalan ini muncul karena sistem harus mempertemukan berbagai entitas secara presisi, yaitu ketersediaan dosen pengampu, jumlah satuan kredit semester (SKS) mata kuliah, rombongan belajar (kelas), utilitas ruang perkuliahan dan waktu luang [2]. Pada institusi pendidikan tinggi vokasi seperti Politeknik Bisnis Indonesia, khususnya program studi Diploma, tantangan penjadwalan menjadi jauh lebih krusial. Hal ini diakibatkan oleh keharusan mengelola spesifikasi ruangan yang berbeda secara ketat, di mana mata kuliah teori dan praktikum menuntut kapasitas dan jenis fasilitas (seperti kelas reguler dan laboratorium) yang sangat spesifik [3].

Secara konvensional, penyusunan jadwal di berbagai perguruan tinggi masih sering kali dilakukan secara semi-komputerisasi. Pendekatan manual ini memiliki sejumlah kelemahan mendasar, antara lain proses penyelesaian evaluasi bentrokan yang memakan waktu berhari-hari dan tingginya probabilitas *human error* [4]. Konsekuensinya, sering kali ditemukan alokasi kelas yang tidak seimbang; misalnya rombongan belajar dengan jumlah mahasiswa besar teralokasi pada ruangan berskala kecil, yang berujung pada penurunan kenyamanan proses belajar. Selain itu, penyesuaian jadwal sering terhambat oleh jadwal dosen yang beririsan (*overlapping*) pada hari dan jam yang sama untuk kelas yang berbeda [5].

Berbagai metode kecerdasan buatan telah diusulkan untuk mengatasi permasalahan penjadwalan akademik. Algoritma Genetika (AG) menjadi salah satu algoritma komputasi evolusioner yang paling sering diterapkan karena ketangguhannya dalam mencari solusi optimal secara global melalui operator seleksi, persilangan (*crossover*), dan mutasi [6], [7]. Walaupun AG terbukti mumpuni dalam memecahkan masalah optimasi yang kompleks, performa AG tunggal acapkali terhambat oleh kompleksitas waktu komputasi yang tinggi (lambat mencapai konvergensi), terutama apabila sistem harus mengevaluasi seluruh kemungkinan ruangan tanpa ada pembatasan search space di awal [8]. Di sisi lain, metode *K-Means Clustering* telah terbukti sebagai algoritma prapemrosesan yang sangat tangguh dalam mempartisi atau mengelompokkan set data berskala besar, termasuk pemerataan alokasi berbasis kapasitas kelas dan beban mengajar [9], [10], [11].

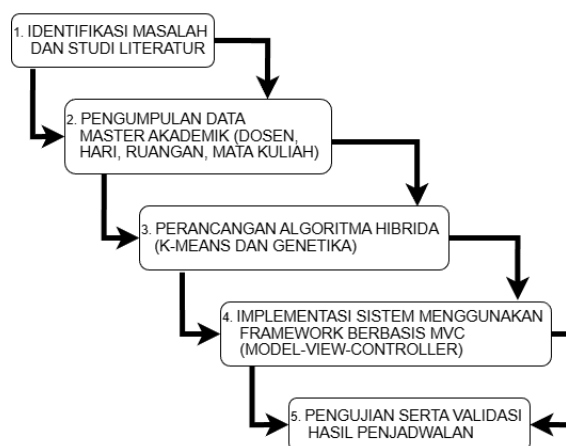
Berdasarkan celah analisis (*research gap*) tersebut, penelitian ini mengusulkan sebuah pendekatan hibrida (*hybrid algorithm*) yang mengintegrasikan *K-Means Clustering* dan Algoritma Genetika. Dalam arsitektur sistem ini, *K-Means Clustering* diimplementasikan pada fase awal untuk memfilter dan mempartisi ruangan berdasarkan ketersediaan kapasitas kursi terhadap estimasi beban jumlah mahasiswa per kelas. Proses klasterisasi ini secara komputasional mampu mereduksi redundansi ruang pencarian secara signifikan. Setelah klaster ruangan yang valid terbentuk, Algoritma Genetika kemudian bertindak sebagai mesin komputasi utama untuk mengevaluasi *fitness* dari susunan jadwal secara acak, guna memastikan pemenuhan *hard constraints* (batasan mutlak): mencegah dosen mengajar ganda pada jam yang sama serta memastikan tidak ada ruangan yang tumpang tindih.

Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan hibridisasi algoritma tersebut ke dalam sebuah Sistem Informasi Akademik berbasis *web* yang terintegrasi (menggunakan *framework* Laravel). Sistem ini tidak hanya berorientasi pada pencarian jadwal perkuliahan 100% bebas bentrok secara komputasi, tetapi juga dirancang memiliki keandalan praktis melalui fitur intervensi manual (*override*) untuk mengakomodasi diskresi kebijakan akademik yang bersifat insidental. Diharapkan, solusi berbasis data ini dapat memberikan kontribusi secara teoretis dalam pengembangan teknik heuristik, sekaligus menghadirkan instrumen yang tepat guna untuk digitalisasi tata kelola jadwal di Politeknik Bisnis Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini mengadopsi pendekatan eksperimental terapan berbasis rekayasa perangkat lunak. Tujuan utamanya adalah merumuskan dan memvalidasi keandalan algoritma hibrida (K-Means dan Algoritma Genetika) dalam menyelesaikan permasalahan optimasi kombinatorial penjadwalan secara komputasional. Pelaksanaan penelitian menstrukturkan lima fase operasional yang saling berkesinambungan untuk memastikan luaran sistem selaras dengan kebutuhan administratif perguruan tinggi [12].

Diagram Alir Algoritma Hibrida



Gambar. 1. Kerangka penelitian

3.1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Berdasarkan hasil observasi dan analisis proses bisnis pada administrasi akademik di Politeknik Bisnis Indonesia, proses penjadwalan perkuliahan saat ini masih menghadapi sejumlah kendala signifikan. Kendala-kendala tersebut dapat diidentifikasi ke dalam empat poin utama: (1) Tingginya Probabilitas Bentrok Jadwal (*Overlapping*), (2) Inefisiensi Alokasi Kapasitas Ruangan, (3) Kompleksitas Pemisahan Kelas Teori dan Praktikum, (4) Kesulitan dalam Adaptasi Perubahan Insidental [13].

Penelitian mengenai optimasi penjadwalan akademik telah banyak dieksplorasi menggunakan berbagai pendekatan heuristik dan meta-heuristik. Bagian ini meninjau beberapa literatur terdahulu guna memetakan posisi penelitian (*state of the art*) dan menegaskan kebaruan (*novelty*) dari pendekatan hibrida yang diusulkan. (1) Penggunaan *K-Means Clustering* untuk Pra-pemrosesan Data : Untuk mengatasi masalah pembengkakan ukuran ruang pencarian, metode pengelompokan (*clustering*) sering digunakan sebagai tahap pra-pemrosesan (*pre-processing*). (2) Implementasi Algoritma Genetika pada Penjadwalan : Algoritma Genetika (AG) secara luas diakui sebagai salah satu metode paling tangguh dalam menyelesaikan masalah *Non-Deterministic Polynomial-time Hard* (NP-Hard) seperti penjadwalan [14].

3.2. Pengumpulan Data Master Akademik

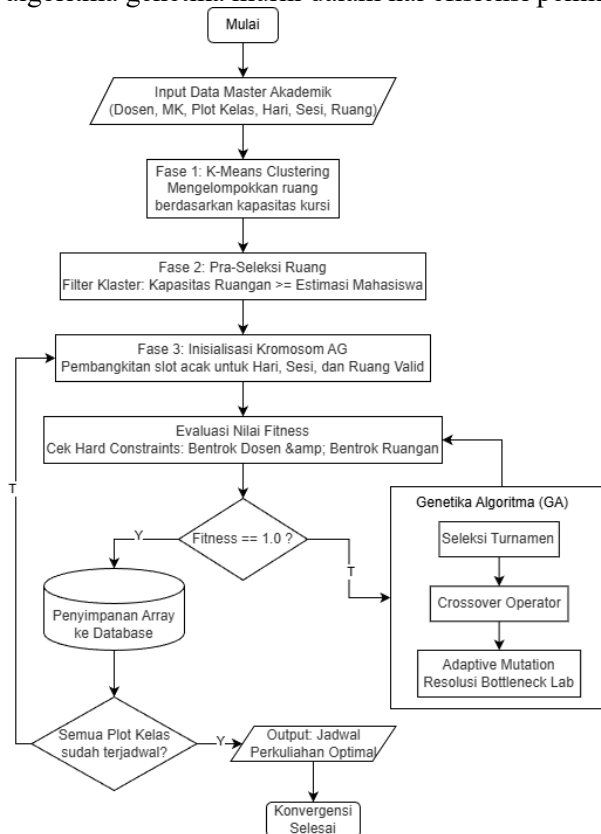
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari Politeknik Bisnis Indonesia. Data tersebut mencakup:

- 1) Dosen: Data identitas dan beban mengajar.
- 2) Mata Kuliah: Kode MK, bobot SKS, semester, dan jenis MK (Teori/Praktikum).
- 3) Ruangan: Nama ruangan, kapasitas kursi, dan jenis peruntukan ruangan.
- 4) Waktu: Sesi jam perkuliahan dan hari kerja aktif.
- 5) Pemetaan: Penugasan dosen pada mata kuliah dan kelas tertentu.

Konfigurasi dataset yang digunakan memiliki tingkat keketatan matriks (*matrix density*) yang sangat tinggi, mencakup: 28 tenaga pengajar aktif, blok ketersediaan waktu selama 5 hari kerja, serta infrastruktur yang terbatas pada 7 unit ruangan (terdistribusi menjadi 6 ruang teori reguler dan 1 laboratorium praktikum terpadu). Keterbatasan rasio laboratorium ini menciptakan titik sempit (*bottleneck*) komputasi yang secara signifikan mempersulit penemuan jadwal bebas bentrok menggunakan komputasi konvensional. Berdasarkan data uji diatas tergolong data purwarupa skala kecil.

3.3. Perancangan Algoritma Hibrida

Proses komputasi dalam penyusunan jadwal pada sistem ini digambarkan melalui diagram alir (*flowchart*) yang memadukan teknik klastering dan algoritma evolusioner untuk mengatasi kelemahan algoritma genetika murni dalam hal efisiensi pemilihan ruangan.



Gambar. 2. Diagram Alir Algoritma Hibrida

Sebelum algoritma dijalankan, entitas akademik direpresentasikan ke dalam himpunan matematis. Model dasar penjadwalan pada penelitian ini didefinisikan sebagai berikut:

- 1) Himpunan Dosen: $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$
- 2) Himpunan Mata Kuliah: $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$
- 3) Himpunan Ruangan: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ dengan atribut kapasitas $k(r_i)$
- 4) Himpunan Sesi Waktu: $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$
- 5) Himpunan Hari: $H = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$

- 6) Plot Pengampu (Kelas): $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ di mana p_i merupakan tupel dari $(d_i, m_i, kelas_i)$.
- 7) Tujuan optimasi fungsi objektif adalah memetakan setiap $p_i \in P$ ke dalam kombinasi (r_i, s_i, h_i) sedemikian rupa sehingga memaksimalkan nilai fitness $F(x) = 1$.

a) Tahap Prapemrosesan (*K-Means Clustering*)

Sebelum proses pencarian solusi dimulai, ruang pencarian (*search space*) direduksi secara signifikan menggunakan konsep *K-Means Clustering*. Ruangan dikelompokkan ke dalam klaster berdasarkan kesesuaian kapasitas kursi. Ketika sebuah kelas (dengan estimasi n mahasiswa) akan diproses, sistem hanya akan mengambil subset ruangan dari klaster yang memenuhi syarat $Kapasitas \geq n$.

Institusi mengelola himpunan fasilitas fisik $R = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7\}$ yang merepresentasikan 6 ruang teori dan 1 unit laboratorium (r_7). Sesuai dengan batasan arsitektur gedung, setiap ruangan memiliki atribut kapasitas kursi statis $k(r_i)$ dengan rentang minimum 15 dan maksimum 30, didistribusikan sebagai berikut: $R_{kapasitas} = \{20, 25, 25, 30, 15, 20, 20\}$. Sistem prapemrosesan diinstruksikan untuk mempartisi himpunan ruangan tersebut menjadi dua klaster ($K = 2$): Klaster Ruang Kecil (C_1) dan Klaster Ruang Besar (C_2). Data uji yang digunakan pada *K-Means* ini masih tergolong data purwarupa skala kecil, dimana arsitektur menggunakan *K-Means* ini dirancang agar skalabel untuk jumlah ruangan yang mencapai ratusan di masa depan.

b) Tahap Optimasi (Algoritma Genetika)

Matriks entitas ruangan yang telah divalidasi oleh K-Means kemudian diumpankan ke dalam mesin Algoritma Genetika. Arsitektur algoritma ini dirancang dengan parameter spesifik agar tahan terhadap anomali kepadatan jadwal vokasi:

Formulasi Kromosom: Entitas jadwal direpresentasikan dalam satu kromosom komprehensif, di mana setiap gen (alel) memuat identitas Plot Mata Kuliah, referensi Dosen, Hari, Sesi Waktu, dan Ruangan terklastrer.

Fungsi *Fitness*: Evaluasi fungsi objektif berpedoman pada minimalisasi penalti bentrokan mutlak. Formulasi matematisnya adalah $F = \frac{1}{1+P}$, di mana P merupakan akumulasi irisan jadwal (bentrok waktu pengajar atau bentrok fisik ruangan). Nilai optimal (*global optimum*) tercapai apabila $F = 1.0$.

Operator Seleksi dan Persilangan: Mekanisme seleksi menggunakan turnamen berukuran 2 individu (*Tournament Selection*) untuk menjamin kelangsungan hidup kandidat terbaik. Persilangan dilakukan menggunakan metode persilangan seragam (*uniform crossover*) dengan probabilitas tinggi sebesar 90%.

Eskalasi Tekanan Mutasi: Menghadapi bottleneck 1 laboratorium melawan puluhan mata kuliah praktikum, probabilitas mutasi (*Mutation Rate*) yang lazimnya berada di bawah 5%, dieskalasi secara dinamis menjadi 1%. Intervensi parameter ini memaksa sistem secara agresif membongkar gen jadwal yang mengalami jalan buntu, menghindarkan algoritma dari jebakan *local optimum* tanpa mendegradasi struktur kromosom yang telah valid. Siklus evolusi dibatasi hingga 100 iterasi generasi.

3.4. Implementasi Sistem

Translasi model matematis hibrida ke dalam wujud perangkat lunak fungsional diimplementasikan menggunakan kerangka kerja (*framework*) berbasis *Model-View-Controller* (MVC). Sistem komputasi dibangun di atas ekosistem bahasa pemrograman PHP melalui *framework* Laravel 13, yang didukung oleh pengelolaan basis data relasional MySQL [15], [16]. Implementasi ini dirancang tidak hanya untuk mengeksekusi iterasi algoritma secara mandiri, tetapi juga untuk memfasilitasi tata kelola administratif yang holistik. (1) Integrasi Mesin *Backend*: Logika komputasi K-Means dan Algoritma Genetika diisolasi dalam modul *Service Layer* khusus pada *backend*. Pendekatan ini mencegah terjadinya pemblokiran antarmuka pengguna (UI *blocking*) saat mesin melakukan hingga 1000 iterasi evolusi. (2) Implementasi *Human-in-the-Loop*: Sistem mengakomodasi paradigma intervensi manusia melalui fitur Manual

Override. Administrator diberikan kewenangan untuk melakukan prapenguncian (*pre-locking*) terhadap slot jadwal dosen tertentu sebelum algoritma dijalankan. (3) Modul Pelaporan Administratif: Untuk menjembatani kesenjangan antara otomasi digital dan kebutuhan arsip birokrasi kampus, sistem diintegrasikan dengan pustaka pemrosesan dokumen (*Document Rendering Library*). Jadwal matriks multidimensi yang dihasilkan algoritma diekstraksi secara otomatis menjadi dokumen cetak berformat *Portable Document Format* (PDF). Modul ini menyajikan tabular data yang mendetail, mencakup plot hari, rentang sesi waktu, kode mata kuliah, kapasitas kelas, hingga alokasi ruangan.

3.5. Pengujian dan Validasi

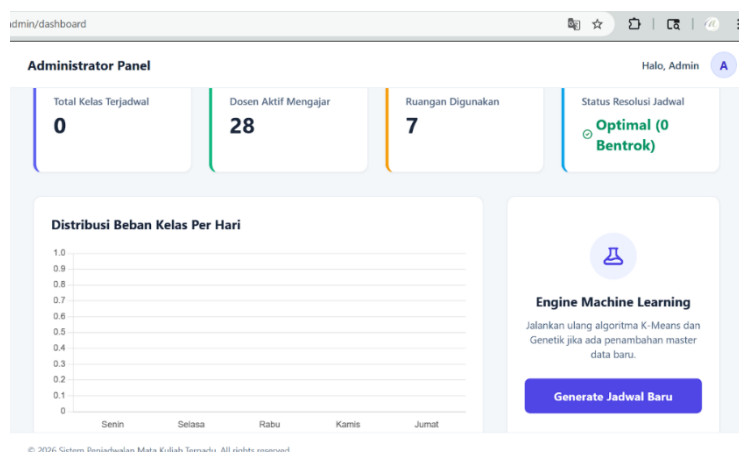
Validasi sistem berorientasi pada pembuktian empiris bahwa arsitektur komputasi yang dibangun tidak sekadar berhasil secara teoretis, tetapi juga tangguh dalam menghadapi anomali data di lingkungan operasional yang riil [17], [18]. Pengujian difokuskan pada dua metrik utama: performa konvergensi komputasi dan ketahanan fungsional sistem (*system robustness*). (1) Pengujian Performansi Konvergensi Algoritma : Pengujian performa dititikberatkan pada kemampuan sistem dalam menyelesaikan fenomena *bottleneck* fasilitas. Dengan batasan ruang pencarian yang ekstrem (28 tenaga pendidik dan puluhan entitas kelas praktikum yang harus berebut 1 unit laboratorium dari total 7 ruangan yang berkapasitas 15-30 kursi), mesin diuji menggunakan parameter probabilitas mutasi adaptif pada level 1%. (2) Uji Ketahanan Fungsional (*System Robustness*) : Pada tata kelola basis data akademik nyata, sering terjadi fluktuasi penghapusan data master (seperti penonaktifan ruang atau pengajar) yang mendistorsi urutan indeks relasional (*non-sequential ID arrays*). Pengujian *Black-box* mengonfirmasi bahwa mesin algoritma kebal terhadap anomali indeks tersebut berkat mekanisme penarikan kunci *array* (*array keys extraction*) secara dinamis pada saat inisiasi kromosom. Mesin tidak mengalami kegagalan fatal (*fatal error*) meskipun indeks ruangan pada basis data melompat dari ID 4 langsung ke ID 7.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menguraikan hasil implementasi pendekatan hibrida K-Means *Clustering* dan Algoritma Genetika yang diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Akademik. Evaluasi dilakukan berdasarkan dua parameter utama: efisiensi waktu komputasi (performa mesin) dan tingkat akurasi jadwal bebas bentrok (fungsionalitas algoritma).

3.1. Implementasi Antarmuka

Sistem komputasi telah berhasil diimplementasikan menggunakan *framework* web berbasis *Model-View-Controller* (MVC) yaitu Laravel 13. Logika algoritma hibrida dieksekusi pada *backend server* secara asinkron untuk mencegah *time-out* saat memproses *array* data multidimensi yang besar. Antarmuka sistem dibangun dengan antarmuka yang reaktif menggunakan integrasi Alpine.js, yang memungkinkan administrator untuk melihat luaran jadwal secara *real-time*. Pada Gambar 3 ini adalah tampilan awal *dashboard* yang menampilkan antarmuka sebelum algoritma hibrida dijalankan. Pada tampilan tersebut terdapat informasi tentang “Total Kelas Terjadwal” adalah 0, “Dosen Aktif Mengajar” sebanyak 28, “Ruangan Digunakan” sebanyak 7 dan “Status Resolusi Jadwal” adalah “Optimal (0 Bentrok)”. Selain itu terdapat juga informasi mengenai Distribusi Beban Kelas Per Hari berupa grafik batang berdasarkan banyaknya hari yaitu “Senin, Selasa, Rabu, Kamis dan Jumat”. Terdapat juga satu tombol “Generate Jadwal Baru” untuk menjalankan algoritma hibrida berdasarkan kriteria yang telah diketahui sebelumnya.



Gambar 3. *Dashboard* Algoritma Hibrida sebelum dieksekusi



Gambar 4. Tampilan Hasil Penjadwalan sebelum Algoritma Hibrida dieksekusi

Pada Gambar 4 ini adalah tampilan dari menu Hasil Penjadwalan yang menampilkan antarmuka tentang “Hasil Penjadwalan Kuliah” merupakan informasi lengkap mengenai jadwal yang telah di-*generate* menggunakan algoritma hibrida. Pada tampilan ini dapat melakukan *Override* jika diperlukan penyesuaian manual. Tersedia juga tombol “Ekspor PDF” yang berguna untuk mencetak laporan yang telah di-*generate*.

Tabel 1. Parameter yang digunakan

GA Parameter	Pengaturan	K-Means Parameter	Pengaturan
Iterasi	200	k	2
Populasi	15	Iterasi	100
Tingkat <i>Crossover</i>	90%	Jarak	<i>Euclidean</i>
Tingkat Mutasi	1%		
Operator seleksi	<i>turnamen</i>		
<i>Crossover operator</i>	<i>uniform</i>		
Seleksi turnamen	2		

Parameter-parameter yang digunakan oleh sistem ditampilkan pada Tabel 1. Proses diawali dengan K-Means yang memilah seluruh data menjadi dua kelompok utama ($k = 2$) berdasarkan titik pusat terdekat menggunakan pengukuran jarak *Euclidean* melalui maksimal 100 kali iterasi hingga posisinya stabil. Setelah data terkelompokkan, Algoritma Genetika mengambil alih untuk mencari solusi paling optimal dengan mempertandingkan 15 kandidat populasi dalam seleksi turnamen dua lawan dua, lalu mengawinkan induk pemenang dengan peluang *uniform crossover* sebesar 90%, menambahkan variasi mutasi acak 1%, serta mengulang seluruh rantai

evolusi ini selama 200 generasi hingga menghasilkan satu kombinasi solusi akhir yang paling tangguh.

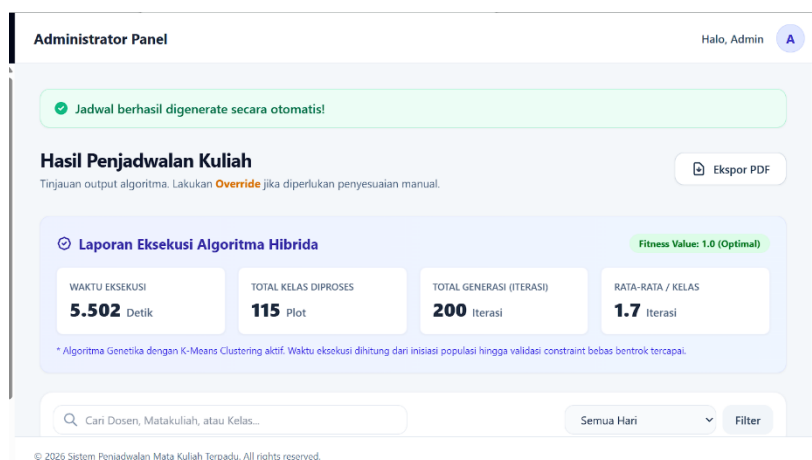
3.2. Implementasi Logika Sistem dan Visualisasi Sistem

Fase awal dari arsitektur komputasi yang diusulkan bertumpu pada kemampuan algoritma K-Means dalam mereduksi dimensi ruang pencarian (*search space pruning*) sebelum iterasi evolusioner dijalankan. Pengujian pada tahap ini menggunakan *dataset* riil yang mencakup 7 unit ruangan (terdiri atas 6 ruang teori dan 1 laboratorium) dengan rentang daya tampung bervariasi antara 15 hingga 30 kursi. Sistem secara dinamis mengklasifikasikan entitas ruangan tersebut berdasarkan parameter jarak proksimitas terhadap estimasi volume rombongan belajar.

Matriks entitas yang telah divalidasi kapasitasnya kemudian dieksekusi oleh mesin Algoritma Genetika (AG) untuk menyusun permutasi jadwal tanpa melanggar batasan mutlak (*hard constraints*). Pengujian pada fase ini difokuskan pada penyelesaian tingkat kepadatan komputasi (*computational bottleneck*), yang bersumber dari ketidakseimbangan rasio infrastruktur: 28 dosen pengampu dengan puluhan plot kelas praktikum harus dialokasikan ke dalam 1 unit laboratorium pada rentang 5 hari kerja operasional.

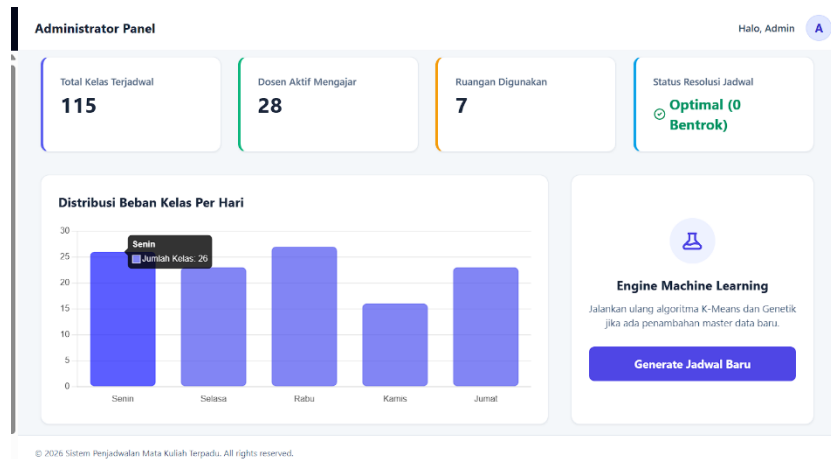
Transformasi algoritma hibrida ke dalam ekosistem perangkat lunak fungsional diwujudkan melalui antarmuka berbasis web yang reaktif. Implementasi ini bertujuan untuk menjembatani kompleksitas komputasi evolusioner agar dapat dioperasikan secara intuitif oleh administrator akademik.

Dashboard Metrik Performa: Sistem dilengkapi dengan modul "Laporan Eksekusi Algoritma Hibrida" yang muncul secara asinkron setelah proses optimasi selesai. Antarmuka ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 menampilkan data empiris mencakup waktu eksekusi (dalam format menit dan detik), total plot kelas yang diproses, jumlah generasi (iterasi), serta rata-rata iterasi per kelas. Visualisasi metrik ini memberikan transparansi penuh terhadap efisiensi mesin dalam mencapai *Fitness Value* 1.0.



Gambar. 5. Tampilan Hasil Penjadwalan sesudah Algoritma Hibrida dieksekusi

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa pengekseskuan metode yang diusulkan sangat cepat yaitu 5.502 detik, artinya adalah tidak sampai waktu 1 menit hasil sudah didapatkan. Terdapat 115 pemetaan kelas yang dilakukan sistem dengan iterasi sebanyak 200 iterasi dan rata-rata kelas yang dicapai adalah 1.7 iterasi. Terdapat juga informasi tentang "Fitness Value: 1.0 (Optimal)" artinya Algoritma Hibrida yang diusulkan berjalan dengan baik dan telah sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian. Evaluasi pertama pada efisiensi waktu komputasi (performa mesin), jelas terlihat pada Gambar 5 bahwa sistem beroperasi secara stabil tanpa *server timeout*, imun terhadap anomali lompatan indeks data (*non-sequential ID*) dan konvergensi jadwal yang sudah stabil dapat diselesaikan dengan waktu kurang dari 1 menit.



Gambar. 6. Dashboard Algoritma Hibrida setelah dieksekusi

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan eksekusi metode yang diusulkan menghasilkan sebanyak 115 untuk “Total Kelas Terjadwal” dengan susunan tetap yaitu “Dosen Aktif Mengajar” sebanyak 28, “Ruangan Digunakan” sebanyak 7 dan “Status Resolusi Jadwal” adalah “Optimal (0 Bentrok)”. Selain itu terdapat juga informasi mengenai “Distribusi Beban Kelas Per Hari” berupa grafik batang berdasarkan banyaknya hari yaitu “Senin, Selasa, Rabu, Kamis dan Jumat”. Informasi yang diberikan oleh grafik batang tersebut yaitu pada hari Senin terdistribusi sebanyak 26 kelas, Selasa terdistribusi sebanyak 23 kelas, Rabu terdistribusi sebanyak 27 kelas, Kamis terdistribusi sebanyak 16 kelas dan Jumat terdistribusi sebanyak 23 kelas.

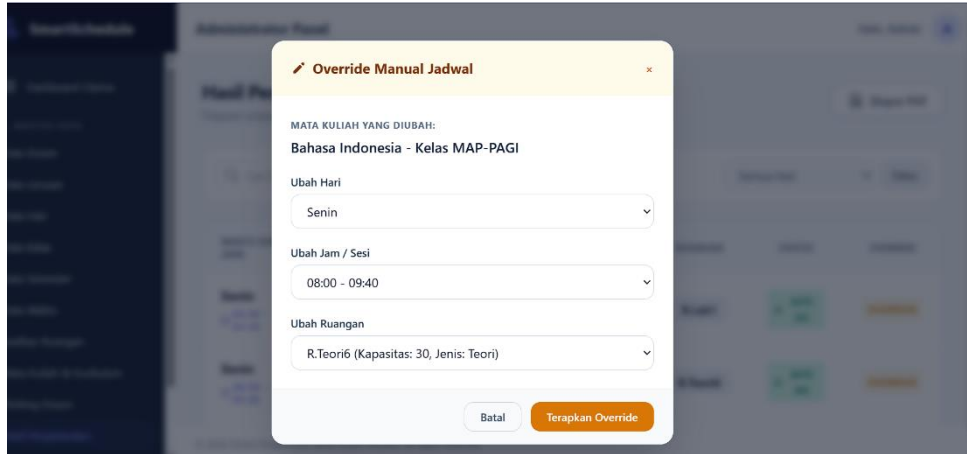
The table displays the following data:

WAKTU (HARI & JAM)	MATA KULIAH & KELAS	DOSEN PENGAMPU	RUANGAN	STATUS	OVERRIDE
Senin 08:00 - 09:00	Praktek Dasar Akuntansi II (Accurate) 2.5K5	Dosen Ke-28, S.Kom	R.Lab1	AUTO (AK)	OVERRIDE
Senin 08:00 - 09:00	Bahasa Indonesia 2.5K5	Dosen Ke-13, S.Pd., M.M	R.Teor16	AUTO (AK)	OVERRIDE
Senin 10:00 - 11:00	Bahasa Indonesia 2.5K5	Dosen Ke-11, S.Pd., M.Si	R.Teor13	AUTO (AK)	OVERRIDE
Senin 10:00 - 11:00	Praktek Pemrograman Web I 2.5K5	Dosen Ke-15, S.Kom., M.Kom	R.Lab1	AUTO (AK)	OVERRIDE
Senin 10:00 - 11:00	Sistem Operasi 2.5K5	Dosen Ke-14, S.Kom., M.A.P	R.Teor14	AUTO (AK)	OVERRIDE

Gambar. 7. Tampilan data konvergensi jadwal yang sudah stabil

Dari informasi yang ditampilkan dari Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 menjelaskan bahwa Evaluasi kedua pada tingkat akurasi jadwal bebas bentrok (fungsionalitas algoritma) sudah tercapai dengan stabil ditandai dengan informasi “Fitness Value: 1.0 (Optimal)” dan “Optimal (0 Bentrok)”.

Fitur Manual *Override*: Untuk mengakomodasi diskresi kebijakan akademik, sistem menyediakan fitur penguncian jadwal (*locking*). Antarmuka ini memungkinkan admin untuk menetapkan jadwal tertentu secara manual, yang kemudian akan dibaca oleh algoritma genetika sebagai batasan mutlak (*hard constraint*) yang tidak boleh diubah selama proses evolusi sisa jadwal lainnya berlangsung.



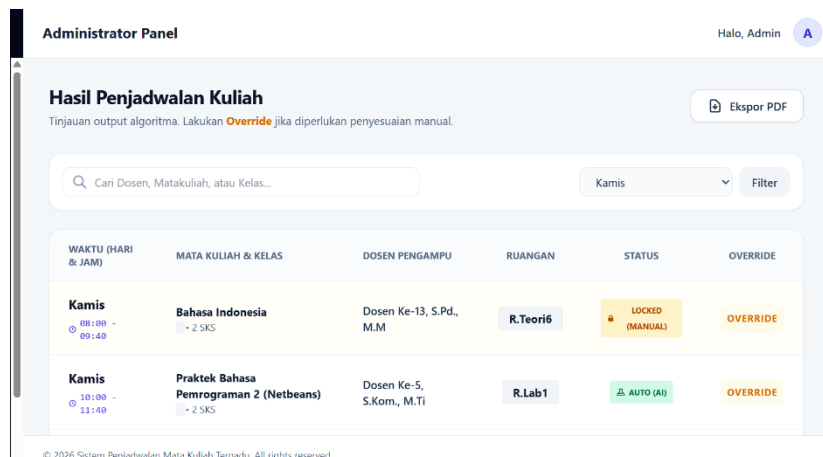
Gambar. 8. Tampilan Fitur Manual *Override*

Pada Gambar 8 dapat dilihat pengaturan untuk melakukan *override* manual jadwal. Data contoh mata kuliah yang bisa dirubah oleh admin akademik adalah “Bahasa Indonesia – Kelas MAP-Pagi”. Data yang dapat diubah adalah Hari dimana awalnya Senin akan diganti ke Kamis, Isian untuk Jam/Sesi dan Ruangan tidak diubah.



Gambar. 9. Tampilan halaman setelah menerapkan *Override*

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa setelah tombol “Terapkan *Override*” dilakukan maka data tersebut akan diproses oleh sistem kembali dan memberikan output berupa keterangan “Jadwal berhasil di-override secara manual dan dikunci (Locked)”.



Gambar. 10. Tampilan perubahan status pada data hasil penjadwalan kuliah

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa perubahan status pada data yang telah dilakukan *override* manual berjalan dengan baik. Status yang awalnya “AUTO (AI)” berubah menjadi “LOCKED (MANUAL)” yang artinya bahwa keseluruhan sistem yang dirancang dan diusulkan sudah berjalan sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian dan stabil. *Output* Pelaporan PDF:

Jadwal optimal yang tersimpan dalam basis data dapat diekstraksi menjadi dokumen legal melalui modul ekspor PDF. Luaran ini menyajikan tata letak jadwal yang sistematis, mencakup distribusi mata kuliah, dosen, dan ruangan (teori/laboratorium) yang siap digunakan untuk kebutuhan operasional kampus seperti yang ditampilkan pada Gambar 11.

POLITEKNIK BISNIS INDONESIA
Jadwal Perkuliahan Mahasiswa Diploma
Tahun Akademik: 2025/2026 GENAP

No	Hari	Jam / Sesi	Mata Kuliah	Kelas	SKS	Dosen Pengampu	Ruangan
1	Senin	08:00 - 09:40	Praktek Dasar Akuntansi II (Accurate)	KP-PAGI	2	Dosen Ke-28, S.Kom	R.Lab1
2	Senin	10:00 - 11:40	Organisasi dan Arsitektur Komputer	TK-A-PAGI	2	Dosen Ke-17, M.Kom	R.Teor6
3	Senin	10:00 - 11:40	Bahasa Indonesia	TK-D-PAGI	2	Dosen Ke-11, S.Pd., M.Si	R.Teor3
4	Senin	10:00 - 11:40	Sistem Operasi	TK-B-PAGI	2	Dosen Ke-14, S.Kom., M.A.P	R.Teor4
5	Senin	10:00 - 11:40	Praktek Pemrograman Web I	TK-C-PAGI	2	Dosen Ke-15, S.Kom., M.Kom	R.Lab1
6	Senin	11:40 - 13:20	Bahasa Inggris 2	TK-C-SIANG	2	Dosen Ke-2, S.Pd., M.Pd	R.Teor6
7	Senin	11:40 - 13:20	Bank Dan Lembaga Keuangan Lainnya	KP-PAGI	2	Dosen Ke-20, S.Agr, M.M	R.Teor2
8	Senin	11:40 - 13:20	Pemrograman Web I	TK-B-PAGI	2	Dosen Ke-15, S.Kom., M.Kom	R.Teor4
9	Senin	15:10 - 16:50	Bahasa Pemrograman 2 (Netbeans)	TK-D-PAGI	2	Dosen Ke-16, S.Kom., M.Kom	R.Teor4

Gambar. 11. Output Pelaporan PDF

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang, mengimplementasikan, dan menguji pendekatan hibrida yang mengintegrasikan *K-Means Clustering* dan Algoritma Genetika untuk mengoptimalkan sistem penjadwalan perkuliahan di Politeknik Bisnis Indonesia. Berdasarkan hasil pengujian komputasi dan fungsionalitas sistem, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama:

- 1) Penggunaan *K-Means Clustering* sebagai tahap prapemrosesan terbukti sangat efektif dalam mereduksi ukuran ruang pencarian (*search space*). Data uji yang digunakan tergolong data purwarupa skala kecil, sehingga penggunaan *K-Means Clustering* ini dirancang agar skalabel untuk jumlah ruangan yang mencapai ratusan di masa depan.
- 2) Algoritma Genetika yang dijalankan di atas data hasil klastering mampu mencapai konvergensi nilai *fitness* maksimal (1.0), yang merepresentasikan 100% jadwal terbebas dari pelanggaran batasan mutlak (*hard constraints*), baik berupa bentrok mengajar dosen maupun bentrok penggunaan ruang fisik (teori dan laboratorium).
- 3) Implementasi sistem informasi berbasis *web* yang dilengkapi dengan fitur *Override* manual dan pelaporan *Ekspor PDF* membuktikan bahwa kecerdasan buatan dapat berjalan beriringan dengan fleksibilitas manusia (*human-in-the-loop*), menjadikan aplikasi ini sebagai solusi yang praktis, adaptif, dan siap diimplementasikan untuk tata kelola akademik nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. C. Chen, S. L. Goh, N. R. Sabar, G. Kendall, and others, "A survey of university course timetabling problem: perspectives, trends and opportunities," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 106515–106529, 2021.
- [2] N. M. Arratia-Martinez, C. Maya-Padron, and P. A. Avila-Torres, "University course timetabling problem with professor assignment," *Math. Probl. Eng.*, vol. 2021, no. 1, p. 6617177, 2021.
- [3] T. K. Jeriko, D. F. Racma, C. E. Widjayanti, and A. A. Setyawan, "Penerapan algoritma genetika dalam sistem informasi penjadwalan mata kuliah berbasis website pada STIKOM Yos Sudarso Purwokerto," *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, vol. 6, no. 1, pp. 101–118, 2022.

- [4] M. Mokhtari, M. Vaziri Sarashk, M. Asadpour, N. Saeidi, and O. Boyer, "Developing a model for the university course timetabling problem: A case study," *Complexity*, vol. 2021, no. 1, p. 9940866, 2021.
- [5] E. Rappos, E. Thiémar, S. Robert, and J.-F. Hêche, "A mixed-integer programming approach for solving university course timetabling problems," *Journal of Scheduling*, vol. 25, no. 4, pp. 391–404, 2022.
- [6] F. Maspiyanti, J. Gatc, S. R. C. Nursari, and A. Murtako, "Course Timetabling using Genetic Algorithm and Fuzzy Cross-Over," *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, vol. 9, no. 5, p. 2133, Sep. 2025, doi: 10.62527/joiv.9.5.3196.
- [7] A. Ghaffar, I. U. Din, A. Tariq, and M. H. Zafar, "Hybridization and artificial intelligence in optimizing university examination timetabling problem: A systematic review," *Review of Education*, vol. 13, no. 2, p. e70071, 2025.
- [8] E. Yulia Sari, T. Rahmawati, and A. Priyanto, "Pengaruh Hybrid Adaptive Repairing Genetic Algorithm dan VIKOR-Based Fitness dalam Optimasi Penjadwalan Perkuliahan," *Jurnal Media Informatika*, vol. 7, no. 1, pp. 16–25, 2026, doi: 10.55338/jumin.v7i1.7676.
- [9] M. A. Rohim, F. Wiranto, and D. A. Fauziah, "Optimasi Pembuatan Jadwal Perkuliahan Menggunakan Algoritma Genetika Berbasis Pendekatan Multivariat," *BIOS : Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer*, vol. 6, no. 1, pp. 31–38, Mar. 2025, doi: 10.37148/bios.v6i1.160.
- [10] I. Wahyudi, L. Sarifah, and M. Sukron, "K-Means Clustering dengan Optimasi Algoritma Genetika untuk mengelompokkan daerah budidaya Cabai Jawa," *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, vol. 6, no. 2, pp. 549–556, Oct. 2024, doi: 10.33650/jeeecom.v6i2.9603.
- [11] J. S. Simarmata *et al.*, *Inovasi Teknologi Berkelanjutan untuk Generasi Z*. Yayasan Kita Menulis, 2026.
- [12] X. Gu, M. Krish, S. Sohail, S. Thakur, F. Sabrina, and Z. Fan, "From integer programming to machine learning: A technical review on solving university timetabling problems," *Computation*, vol. 13, no. 1, p. 10, 2025.
- [13] A. M. V. Purba *et al.*, *Pengenalan Sistem Cerdas*. Yayasan Kita Menulis, 2026.
- [14] W. Prasetya and D. Jollyta, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Kuliah," *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi (JMApTeKsi)*, vol. 5, no. 2, pp. 144–147, 2023.
- [15] E. Psarra and D. Apostolou, "A Combination of Genetic Algorithms and Local Search to Solve a Real Data University Timetable Scheduling Problem," in *2023 14th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, IEEE, Jul. 2023, pp. 1–8. doi: 10.1109/IISA59645.2023.10345845.
- [16] L. A. Pangestu, S. H. Suryawan, and A. J. Latipah, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Pelajaran," *Jurnal Informatika*, vol. 10, no. 2, pp. 194–205, 2023.
- [17] D. Ghaniyyu Muqsit, S. Achmadi, and Y. Agus Pranoto, "PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK PENJADWALAN MATA PELAJARAN," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 5, pp. 2959–2966, Jan. 2024, doi: 10.36040/jati.v7i5.7569.
- [18] A. Mengko *et al.*, "Model Matematika Untuk Optimasi Jadwal Kuliah Mahasiswa Jurusan Matematika Unima Dengan Menggunakan Algoritma Penjadwalan," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 12, no. 1.A, pp. 30–35, 2026.