

Sistem Penjadwalan Perkuliahan Multi-Level Berbasis Cloud dengan Validasi *Real-time* dan Notifikasi WhatsApp untuk Transparansi Beban Akademik

Dony Kusuma Hadi ¹, Hudan Studiawan ^{2*}, Hadziq Fabroyir ³

¹ Sekolah Interdisiplin Manajemen dan Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

^{2,3} Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

e-mail: dony.kh@its.ac.id

Diajukan: 19 Januari 2026, Diperbaiki: 24 Februari 2026, Diterima: 1 April 2026

Abstrak

Sistem penjadwalan perkuliahan tradisional seringkali tidak efisien, rentan konflik, dan kurang transparan dalam distribusi beban mengajar. Penelitian ini telah mengembangkan sistem penjadwalan otomatis berbasis cloud yang mengintegrasikan Google Workspace dan WhatsApp untuk mengatasi kompleksitas penjadwalan multi-level (sarjana, magister, doktor) di lingkungan pendidikan tinggi. Sistem ini menggabungkan pendekatan *constraint-based validation* dengan algoritma *heuristic* untuk deteksi konflik *real-time* dan distribusi beban satuan kredit semester (SKS) secara transparan. Implementasi pada 120 mata kuliah (termasuk kelas paralel), 11 ruangan, dan 26 dosen menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan jadwal ± 17 detik, dengan waktu respons validasi 1,2 detik per perubahan data di cell, serta berhasil mengirimkan notifikasi beban mengajar kepada 95% dosen melalui WhatsApp dan email. Sistem ini meningkatkan efisiensi administratif sekaligus memperkuat akuntabilitas manajemen sumber daya akademik.

Kata Kunci: Penjadwalan, *Constraint satisfaction problem*, *Greedy Algorithm*, Google Apps Script, WhatsApp, Beban SKS.

Abstract

Traditional lecture scheduling systems are often inefficient, prone to conflicts, and lack transparency in teaching workload distribution. This study has developed a cloud-based automated timetabling system that integrates Google Workspace and WhatsApp to address the complexities of multi-level (undergraduate, master's, and doctoral) course scheduling in higher education environments. The system combines constraint-based validation with a heuristic algorithm to enable real-time conflict detection and transparent distribution of credit-hour-based teaching loads. Implemented on a real-world dataset of 120 courses (including parallel classes), 11 classrooms, and 26 lecturers, the system successfully generated schedules less than 17 seconds. Real-time validation achieved a response time of 1.2 seconds per edit data in cell, and the automated notification module delivered teaching load summaries to 95% of lecturers via WhatsApp and email. The system improved administrative efficiency compared to manual processes and enhanced the accountability of academic resource management through real-time visibility and user-centric communication.

Keywords: *Timetabling, Constraint satisfaction problem, Greedy Algorithm, Google Apps Script, WhatsApp, Teaching Workload Distribution.*

1 Pendahuluan

Permasalahan penjadwalan perkuliahan di lingkungan pendidikan tinggi diakui sebagai tantangan optimasi kombinatorial yang kompleks dan secara teoritis tergolong *NP-complete (decision problem)* serta *NP-hard (optimization problem)*. Penelitian ini tidak membahas *general university timetabling problem*, melainkan *restricted practical instance* dengan ruang pencarian terbatas dan struktur slot terdefinisi, sehingga generalisasi pada skala sangat besar masih memerlukan pengujian lebih lanjut. Berbagai pendekatan komputasi seperti *greedy*, *rule-based*, *genetic algorithm*, dan *simulated annealing* telah dikembangkan untuk mengatasi kompleksitas tersebut, namun implementasinya dalam praktik sering terkendala kebutuhan komputasi tinggi, kompleksitas model, serta keterbatasan integrasi *real-time* dalam ekosistem kerja akademik.

Berbagai penelitian terdahulu mengenai penjadwalan perkuliahan umumnya berfokus pada optimasi alokasi kelas melalui pendekatan matematis dan algoritmik tingkat lanjut. Menurut [1], menggunakan *mixed-integer programming* untuk memperoleh solusi optimal dengan reduksi variabel dan kendala, sedangkan menurut [2] mengembangkan model pemrograman biner multi-objektif guna mengakomodasi kebutuhan pengajaran *hybrid*. Menurut [3] pendekatan lain muncul melalui *constraint satisfaction problem (CSP)* dengan algoritma *backtracking* dan *heuristic*, serta menurut [4] algoritma *greedy* ber-heuristik tinggi untuk meminimalkan pelanggaran *hard constraint*. Meskipun metodologi tersebut efektif dalam konteks optimasi komputasional, semuanya memiliki kekurangan yang relevan: kebutuhan komputasi yang tinggi, kompleksitas model, keterbatasan implementasi *real-time*, serta minimnya integrasi dengan ekosistem kerja sehari-hari dan proses komunikasi administratif.

Dalam konteks operasional departemen akademik, tantangan penjadwalan semakin kompleks dengan adanya kebutuhan untuk mengakomodasi program multi-level (Sarjana, Magister, Doktor) serta mata kuliah dengan jadwal dinamis yang tersedia beberapa minggu sebelum periode pengisian Formulir Rencana Studi (FRS). Situasi ini menciptakan tekanan waktu yang besar bagi tim administrasi akademik, terutama ketika harus mematuhi regulasi ketat seperti Permendikbudristek No. 44 Tahun 2024 tentang profesi, karier, dan penghasilan dosen [5]. Regulasi ini menuntut akurasi data beban mengajar dan optimalisasi sumber daya sebagai dasar penilaian kinerja. Namun, pendekatan manual sering menimbulkan inefisiensi operasional, dan lamanya waktu operasional.

Menjawab tantangan tersebut, penelitian ini hadir untuk menjembatani keterkaitan antara mandat regulasi dengan kebutuhan sistem secara operasional melalui transformasi requirement yang terstruktur. Tuntutan regulasi akan efisiensi dan fleksibilitas pembelajaran diterjemahkan

menjadi kebutuhan data spesifik berupa ketersediaan dosen, kapasitas ruang, dan kurikulum yang terintegrasi secara *real-time*. Penelitian ini mengadopsi prinsip pendekatan *hybrid* yang memadukan *constraint-based validation* dengan sistem deterministik. Berbeda dengan implementasi pencarian lokal berbasis *Constraint satisfaction problem* (CSP) yang kompleks, sistem ini mengoptimasi kecepatan responsivitas dengan menghasilkan *framework constraint checking real-time* yang dieksekusi pada setiap peristiwa penyuntingan data.

Secara teknis, penelitian ini menghadirkan *novelty* melalui arsitektur platform *hybrid* yang memadukan Google Apps Script dengan automasi Python, memanfaatkan infrastruktur Google Workspace yang sudah familiar di lingkungan akademik untuk penjadwalan berbasis *cloud*, serta menggunakan aplikasi WhatsApp berbasis lokal dengan perantara ngrok untuk notifikasi. Sistem yang dikembangkan secara fundamental berbeda dari metode penjadwalan tradisional yang masih bersifat manual, iteratif, dan rentan *human error*. Sistem ini tidak hanya mengatasi keterbatasan implementasi metode sebelumnya, seperti waktu proses 2 hari kerja, tingkat konflik 8–12 kejadian, dan validasi yang memakan waktu hingga 30 menit. Tetapi juga menghadirkan kemampuan unik dalam deteksi konflik *real-time* ($\pm 1,2$ detik), distribusi beban mengajar yang terotomatisasi dengan kepatuhan hard constraint 100%, serta utilisasi ruangan yang meningkat hingga 89%. Integrasi WhatsApp memberikan fleksibilitas dan aksesibilitas yang tidak dimiliki oleh solusi konvensional berbasis email, memastikan komunikasi administratif berjalan adaptif dengan delivery rate 95%.

Berdasarkan identifikasi kesenjangan penelitian (*research gap*) dan tantangan operasional tersebut, penelitian ini menetapkan tiga pertanyaan penelitian (*Research Questions*) untuk memandu investigasi: 1) Bagaimana model arsitektur sistem berbasis cloud dapat mengintegrasikan ekosistem Google Workspace dan WhatsApp guna mengoptimalkan efisiensi proses administratif penjadwalan? 2) Sejauh mana kombinasi algoritma *Greedy* dan *Local Search* mampu menghasilkan solusi jadwal yang layak (*feasible*) dengan kepatuhan penuh terhadap *hard constraints* pada skala data menengah? 3) Bagaimana implementasi sistem ini berkontribusi terhadap peningkatan transparansi dan akuntabilitas beban akademik dosen sesuai dengan regulasi pendidikan tinggi yang berlaku? Sejalan dengan pertanyaan tersebut, hipotesis awal penelitian ini mengajukan bahwa solusi berbasis platform umum yang terintegrasi dapat menjadi fondasi sistem penjadwalan akademik modern yang efektif, adil, dan terjangkau.

Oleh karena itu, penelitian ini menyumbang arsitektur Manajemen Teknologi Informasi yang memadukan existing *productivity tools* (Google Workspace) dengan *ubiquitous communication platform* (WhatsApp) untuk menciptakan sistem yang *low-cost*, scalable pada skala menengah (≤ 120 mata kuliah), dan *user-centric*. Validasi kepatuhan terhadap regulasi dilakukan melalui kemampuan sistem dalam mencegah konflik penjadwalan (*overlap*) dan

menyediakan jejak audit digital yang dapat dipertanggungjawabkan untuk keperluan penjaminan mutu. Dengan demikian, solusi teknologi yang dibangun tidak hanya fungsional secara teknis, tetapi juga selaras dengan standar kebijakan pendidikan tinggi nasional dan mampu mendukung efisiensi manajemen akademik secara berkelanjutan.

2 Metode Penelitian

2.1 Desain Sistem, *Constraint Validation* dan *Heuristic*

Sistem penjadwalan perkuliahan diimplementasikan menggunakan pendekatan *constraint* untuk memodelkan kompleksitas permasalahan penjadwalan. Mengadopsi prinsip-prinsip dasar CSP dengan eksekusi yang dioptimasi untuk kebutuhan *real-time*. Seperti yang dikemukakan oleh [6] *constraint satisfaction problem (CSP)* menyediakan kerangka umum untuk memodelkan dan menyelesaikan permasalahan kombinatorial., dalam implementasi sistem ini framework tersebut disederhanakan menjadi mekanisme *validation binary* yang menghasilkan keputusan konflik/tidak-konflik secara *deterministik*.

Framework dalam sistem ini terdiri dari tiga komponen utama:

❖ Variabel dan *domain*:

1. Variabel: Mata kuliah $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ yang merepresentasikan setiap kelas yang harus dijadwalkan
2. *Domain*: Ruang $\{R_1, R_2, \dots, R_m\}$, Waktu $\{T_1, T_2, \dots, T_k\}$, Dosen $\{D_1, D_2, \dots, D_l\}$

Constraints (batasan):

Batasan dalam sistem diklasifikasikan menjadi *hard constraints* dan *soft constraints*:

1. *Hard constraints*.

- Tidak ada ruangan yang *double-booking*,

$$\forall C_i, C_j \in \text{Courses}, C_i \neq C_j \left(\text{room}(C_i) = \text{room}(C_j) \right) \wedge \left(\text{day}(C_i) = \text{day}(C_j) \right) \Rightarrow \neg \text{overlap}(C_i, C_j)$$

Aturan ini menjamin tidak terjadi *double-booking* dimana satu ruangan tidak boleh digunakan oleh dua mata kuliah berbeda secara bersamaan pada hari dan waktu yang sama. Secara formal, jika dua mata kuliah C_i dan C_j (dengan $C_i \neq C_j$) dijadwalkan di ruangan yang sama dan pada hari yang sama, maka jadwal keduanya tidak boleh saling tumpang tindih (*overlap*). Aturan ini merupakan salah satu *hard constraint* mendasar dalam penjadwalan perkuliahan untuk memastikan ketersediaan sumber daya fisik (ruangan) digunakan secara eksklusif dan tidak menimbulkan konflik operasional.

- Tidak ada dosen yang *double-booking*,

$$\forall C_i, C_j \in \text{Courses}, C_i \neq C_j, (\text{lecturer}(C_i) = \text{lecturer}(C_j)) \wedge (\text{lecturer}(C_i) \neq \emptyset) \wedge (\text{day}(C_i) = \text{day}(C_j)) \Rightarrow \neg \text{overlap}(C_i, C_j)$$

Aturan ini menyatakan bahwa seorang dosen tidak boleh dijadwalkan mengajar dua mata kuliah berbeda pada hari dan waktu yang tumpang tindih (*overlap*). Secara formal, untuk setiap pasangan mata kuliah C_i dan C_j yang berbeda, jika keduanya diajarkan oleh dosen yang sama, serta dijadwalkan pada hari yang sama, maka waktu pelaksanaannya tidak boleh saling tumpang tindih. Aturan ini merupakan *hard constraint* kritis dalam penjadwalan perkuliahan untuk menjamin kelayakan operasional dan menghindari konflik alokasi sumber daya manusia.

- SKS-based duration calculation,

$$\forall C \in \text{Courses} \text{ duration}(C) = \max(\text{SKS}(C), 1) \times 50 \text{ minutes} \text{ endTime}(C) \text{ startTime}(C) + \text{duration}(C)$$

Durasi setiap mata kuliah dihitung berdasarkan satuan kredit semester (SKS)-nya, di mana 1 SKS setara dengan 1 jam pembelajaran efektif (50 menit), 10 menit sisanya merupakan jeda waktu (*break time*). Untuk memastikan minimal ada satu sesi, durasi diambil sebagai maksimum antara nilai SKS dan 1, lalu dikalikan 50 menit. Waktu selesai perkuliahan ditentukan dengan menambahkan durasi ke waktu mulai.

- *Time overlap detection*,

Untuk menghindari *false-positive* pada penjadwalan *back-to-back* (kelas berurutan), sistem mengadopsi definisi interval setengah terbuka [*start, end*), dimana waktu mulai bersifat inklusif dan waktu selesai bersifat eksklusif. Deteksi konflik didefinisikan secara formal sebagai:

$$\text{overlap}(C_i, C_j) \Leftrightarrow \text{startTime}(C_i) < \text{endTime}(C_j) \wedge \text{startTime}(C_j) < \text{endTime}(C_i)$$

Pendekatan ini memastikan bahwa dua mata kuliah hanya dianggap bentrok jika terdapat durasi waktu yang benar-benar berhimpitan. Dengan demikian, kelas yang berakhir pada pukul 10:00 dan kelas berikutnya yang dimulai pada pukul 10:00 tidak akan terdeteksi sebagai konflik, memungkinkan efisiensi utilisasi ruangan dan waktu dosen secara optimal tanpa melanggar batasan operasional.

- Kapasitas ruangan,

$$\forall C \in \text{Courses}, \text{enrollment}(C) \leq \text{capacity}(\text{room}(C))$$

Setiap mata kuliah harus dialokasikan ke ruangan yang kapasitasnya mencukupi untuk menampung seluruh mahasiswa yang terdaftar. Secara formal, jumlah mahasiswa yang mengambil mata kuliah tidak boleh melebihi kapasitas fisik ruangan (*capacity*). Aturan

ini merupakan bagian dari *hard constraint* dalam penjadwalan akademik untuk menjamin kenyamanan, keselamatan, dan kualitas pembelajaran sesuai standar institusi.

2. *Soft constraints*.

Batasan lunak (*soft constraints*) dalam sistem ini tidak bersifat menggugurkan jadwal (*hard fail*), melainkan dioptimalkan menggunakan fungsi penalti (P) untuk mengukur kualitas jadwal. Total nilai penalti digunakan sebagai metrik evaluasi kualitas solusi, dimana nilai $P_{total}=0$ menunjukkan optimasi sempurna. Sistem menerapkan tiga fungsi penalti utama:

1. *Constraint* bidang keahlian (*Expertise Matching*):

Mengukur kesesuaian antara bidang keahlian dosen (E_d) dengan kode bidang mata kuliah (E_c). Pelanggaran terjadi jika dosen mengajar mata kuliah di luar bidang keahliannya.

$$P_{expertise} = \sum_{i=1}^n W_1 * \mathbb{I}(E_{d(i)} \neq E_{c(i)})$$

- w_1 : Bobot penalti (nilai 5, prioritas tinggi)
- \mathbb{I} : Fungsi indikator (1 jika kondisi benar, 0 jika salah)
- Target: Meminimalkan $P_{expertise}$ hingga 0 (100% kesesuaian).

2. *Constraint* distribusi beban (*Workload Balance*):

Mengoptimalkan pemerataan beban SKS antar dosen agar mendekati beban ideal (L_{ideal}), yaitu 12 SKS (sesuai Permendikbudristek No. 44/2024). Penalti dihitung berdasarkan jumlah dosen yang menyimpang untuk menghukum ketimpangan yang besar.

$$P_{workload} = \sum_{j=1}^m W_2 * (Load_j - L_{ideal})^2$$

- $Load_j$: Total SKS dosen ke- j
- L_{ideal} : Beban ideal (12 SKS)
- w_2 : Bobot penalti (nilai 3, prioritas sedang)
- Target : Meminimalkan varians beban SKS antar dosen.

3. *Constraint* kelonggaran waktu (*Time Break*):

Memastikan terdapat jeda waktu minimum (t_{break}) jika dosen mengajar lebih dari satu sesi pada hari yang sama. Pelanggaran dihitung jika jarak antar sesi kurang dari batas minimum (misal 1 jam).

$$P_{break} = \sum_{k=1}^p W_3 * \max(0, t_{break} - Start_{k+1} - End_k)$$

- (t_{break}) : Jeda minimum yang disyaratkan (60 menit)
- w_3 : Bobot penalti (nilai 2, prioritas rendah/fleksibel)
- Target: Meminimalkan jumlah dosen dengan jadwal himpitan tanpa jeda.

4. Fungsi Objektif Gabungan

Algoritma *Greedy + Local Search* berupaya meminimalkan fungsi objektif gabungan (Z):

$$\text{Minimize } Z = P_{expertise} + P_{workload} + P_{break}$$

Kualitas solusi dikategorikan berdasarkan nilai Z : Optimal ($Z = 0$), Acceptable ($Z \leq 10$), Poor ($Z > 10$).

Aturan ini memastikan bahwa jika seorang dosen mengajar lebih dari satu mata kuliah pada hari yang sama, maka terdapat jeda waktu minimum (*min_break_time*) antara waktu mulai kedua sesi tersebut. Hal ini bertujuan untuk memberikan kelonggaran waktu bagi dosen, misalnya untuk istirahat, persiapan mengajar, atau perpindahan ruangan. Sehingga tidak terjadi penumpukan jadwal yang terlalu ketat dan mengurangi risiko kelelahan atau keterlambatan.

2.1.1 Implementasi dan Analisis Greedy Algorithm

Greedy algorithm dalam penelitian ini dianalisis sebagai mekanisme keputusan lokal berbasis aturan (*rule-based*) yang membuat pilihan deterministik pada setiap tahap. Algoritma ini mengutamakan kecepatan dan responsivitas dengan menerapkan aturan sederhana yang langsung menyelesaikan masalah pada poin tertentu, tanpa mempertimbangkan dampak jangka panjang terhadap keseluruhan solusi. Setiap keputusan dioptimalkan secara lokal berdasarkan kondisi spesifik yang dihadapi, mengikuti logika aturan yang telah ditetapkan. Sistem otomasi penjadwalan dikembangkan menggunakan algoritma ini yang diimplementasikan dalam Google Apps Script, menggabungkan inisialisasi berbasis prioritas jenjang studi (Sarjana, Magister, Doktor) dengan dua tahap *Local Search*: (1) Perbaikan jadwal gagal melalui realokasi dinamis, dan (2) Perataan penggunaan ruangan. Sistem memproses mata kuliah dalam dua kategori: jadwal tetap (manual) dan jadwal otomatis, dengan aturan eksplisit seperti pembatasan ruang khusus pascasarjana. Sistem ini mengintegrasikan pendekatan *Constraint satisfaction problem* (CSP) dengan mekanisme *binary validation checking* untuk memastikan alokasi jadwal yang efisien dan mengurangi konflik, serta mengintegrasikan dua konsep utama dalam sistem penjadwalan yang dinamis, yaitu deteksi konflik *real-time* dan distribusi beban pengajaran dosen.

Untuk mengatasi kompleksitas komputasi, sistem menggunakan struktur *data tracker* berbasis *Hash Map* untuk indeksasi slot (Ruangan-Waktu-Hari). Hal ini memungkinkan validasi konflik dilakukan melalui operasi *lookup* $O(1)$ tanpa perlu melakukan iterasi linier terhadap

seluruh jadwal yang sudah terbentuk (menghindari kompleksitas $O(n^2)$). Dengan asumsi jumlah slot waktu dan ruangan bersifat konstan (k), kompleksitas keseluruhan algoritma menjadi linear $O(n)$ terhadap jumlah mata kuliah. Optimasi ini memungkinkan proses penjadwalan 120 mata kuliah selesai dalam ± 17 detik. Pendekatan ini menyeimbangkan kecepatan eksekusi, kepatuhan regulasi, dan kualitas solusi tanpa bergantung pada metode optimasi komputasi intensif.

2.1.2 Binary constraint checking

Sistem menggunakan *Constraint satisfaction problem* (CSP) dengan *binary validation checking* untuk mendeteksi konflik secara *real-time*, menghindari bentrokan ruangan dan dosen. Pendekatan ini menggunakan *logical rules* untuk memvalidasi setiap perubahan pada jadwal dan memastikan bahwa semua *hard constraints* dipatuhi. Sistem menganalisis *binary conflict detection*, yang menghasilkan keputusan biner (*true/false*) yang efisien dan dapat dieksekusi secara *real-time*. Ini berfungsi untuk memastikan bahwa tidak ada dua kelas yang dijadwalkan di ruangan yang sama pada waktu yang sama, atau dosen yang sama mengajar dua mata kuliah pada waktu yang bersamaan. Aturan yang diterapkan telah diperbaiki untuk menghindari *false positive*:

- *Rule 1 (Ruangan): IF (same_room AND same_day AND time_overlap) THEN conflict*
- *Rule 2 (Dosen): IF (same_lecturer AND same_day AND time_overlap) THEN conflict*

Dalam sistem CSP dengan *binary validation checking* harus dilakukan terlebih dahulu untuk memastikan bahwa jadwal yang dihasilkan valid dan bebas konflik sebelum melanjutkan ke langkah berikutnya. Jika ada konflik, proses penjadwalan harus dihentikan dan dilakukan *rollback* atau koreksi. Tanpa validasi yang benar pada tahap awal, proses penjadwalan yang melibatkan algoritma *heuristic*, dan *greedy algorithm* dapat menghasilkan solusi yang salah atau tidak berlaku. Oleh karena itu, validasi konflik merupakan langkah penting yang harus dilakukan terlebih dahulu.

Sistem menerapkan tiga mekanisme *heuristic* utama: (1) validasi konflik biner, (2) distribusi beban deterministik berbasis jumlah pengajar, dan (3) visualisasi berbasis jenjang studi.

2.1.3 Robotic process automation pada python

Fitur notifikasi yang jalan di aplikasi python ini menggunakan *Autoreply Mode*, sistem menjalankan *server flask* di `http://localhost:5000` yang berfungsi sebagai antarmuka eksternal untuk menerima permintaan pengiriman pesan WhatsApp secara otomatis, misalnya dari google apps script melalui `urlfetchapp`. Setiap permintaan *http post* ke *endpoint*, `send-WhatsApp` akan memicu eksekusi alur yang secara otomatis membuka WhatsApp desktop. Jika belum aktif maka akan membuka chat baru berdasarkan nomor tujuan yang telah diformat ke standar internasional (+62), lalu mengirim pesan teks opsional beserta lampiran gambar jika tersedia, menggunakan kombinasi `pyautogui` dan `pypclip`. Menggunakan *robotic process automation* (RPA) untuk meniru interaksi pengguna. Aplikasi ini juga menyediakan *endpoint health* untuk monitoring, dan

dirancang agar terintegrasi mulus dengan sistem notifikasi berbasis Google Workspace, seperti pengiriman jadwal kuliah otomatis sehingga menciptakan solusi *low-code*, *low-cost*, dan *user-centric*.

2.1.4 Lingkungan Pengujian dan Protokol Eksperimen

Untuk memastikan validitas dan reproducibility hasil penelitian, pengujian sistem dilakukan dengan protokol yang terstandarisasi mencakup spesifikasi lingkungan komputasi dan parameter algoritma. Mengingat arsitektur sistem yang *hybrid*, lingkungan pengujian terbagi menjadi dua bagian:

Infrastruktur Cloud (Google Apps Script): Eksekusi algoritma penjadwalan utama (*Greedy* dan *Local Search*) berjalan pada infrastruktur *serverless* Google Cloud. Kinerja waktu eksekusi diukur berdasarkan *server-side execution time* yang dicatat oleh *logger* Google Apps Script.

Lingkungan Lokal (Python RPA): Modul notifikasi WhatsApp dijalankan pada mesin lokal dengan spesifikasi: Processor Intel Core i7-1165G7, RAM 8GB, Sistem Operasi Windows 11 Pro, dan Python versi 3.9.7. Koneksi jaringan menggunakan *broadband* stabil dengan kecepatan unduh rata-rata 200 Mbps untuk memastikan latensi pengiriman pesan tidak mempengaruhi metrik *delivery rate*.

Selain spesifikasi perangkat, parameter algoritma pembandingan (*Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing*) disetel mengikuti standar *literatur course* timetabling untuk memastikan perbandingan yang adil (*fair comparison*). Detail parameter yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Konfigurasi Algoritma Pembandingan

Parameter	Genetic Algorithm (GA)	Simulated Annealing (SA)	Greedy + Local Search
Population Size / Initial State	50 Individu	1 Solusi Awal Acak	1 Solusi Awal (Prioritas)
Generations / Iterations	100 Generasi	500 Iterasi	1 Pass + 2 <i>Fase Local Search</i>
Crossover Rate / Cooling Rate	0.8 (<i>Single Point</i>)	0.95 (<i>Geometric</i>)	-
Mutation Rate / Stop Temp	0.1	1.0 (Suhu Akhir)	-
Selection Method	<i>Tournament Selection</i>	<i>Metropolis Criterion</i>	<i>Deterministic Rule</i>
Jumlah Pengulangan (Runs)	10 Kali	10 Kali	10 Kali

Protokol eksperimen dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan independen untuk setiap skenario algoritma menggunakan dataset yang sama. Nilai waktu eksekusi (*response time*) yang dilaporkan merupakan nilai rata-rata (*mean*) dari 10 run tersebut untuk meminimalkan variansi akibat

fluktuasi beban server atau jaringan. Metrik evaluasi mencakup waktu komputasi, tingkat kepatuhan *hard constraint*, akurasi plotting, dan utilisasi sumber daya.

2.1.5 Standardisasi Fungsi Evaluasi dan Penanganan Constraint

Untuk memastikan perbandingan yang adil (*apple-to-apple comparison*), algoritma pembanding (*Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing*) dikonfigurasi untuk meminimalkan fungsi objektif yang sama (Z) sebagaimana didefinisikan pada persamaan dengan komponen penalti yang identik ($P_{expertise}$, $P_{workload}$, P_{break}) sebagai berikut ;

$$Z = \sum_{i=1}^n (W_i x P_i) = W_1 P_{expertise} + W_2 P_{workload} + W_3 P_{break}$$

Dimana:

- Z : Nilai fungsi objektif total (semakin mendekati 0 semakin optimal).
- P_i : Nilai penalti untuk komponen *soft constraint* ke- i .
- w_i : Bobot prioritas untuk setiap komponen penalti.
- $P_1(\textit{expertise})$: Penalti ketidaksesuaian bidang keahlian dosen (Bobot $w_1 = 5$).
- $P_2(\textit{workload})$: Penalti deviasi beban mengajar SKS dari ideal (Bobot $w_2 = 3$).
- $P_3(\textit{break})$: Penalti kekurangan jeda waktu antar sesi mengajar (Bobot $w_3 = 2$).

Nilai $Z = 0$ mengindikasikan solusi optimal tanpa pelanggaran *soft constraints*, sedangkan nilai $Z > 0$ menunjukkan tingkat deviasi dari kondisi ideal.

Perbedaan penanganan constraint antar algoritma sering menjadi sumber bias dalam evaluasi. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan mekanisme standardisasi sebagai berikut:

1. Kesetaraan Fungsi Fitness: GA dan SA tidak menggunakan fungsi fitness khusus, melainkan langsung menggunakan nilai penalti total (Z). Solusi dengan Z lebih rendah dianggap lebih fit.
2. Penanganan *Hard constraints*: Pada metode usulan, *hard constraints* bersifat *binary enforcement* (gagal langsung). Untuk GA dan SA, *hard constraints* (konflik ruangan/dosen) diterjemahkan menjadi penalti berat (*big-M penalty*) dalam fungsi fitness. Jika terjadi pelanggaran *hard constraint*, nilai Z akan meningkat drastis sehingga solusi tersebut secara otomatis tereliminasi selama proses seleksi evolusi atau *annealing*. Hal ini memastikan metrik *Conflict Prevention Rate* dapat dibandingkan secara langsung antar algoritma.
3. Kriteria Penghentian: Untuk perbandingan waktu respons, GA dan SA dibatasi jumlah iterasi/generasinya agar waktu eksekusi rata-rata berada dalam orde magnitudo yang comparable, namun evaluasi utama tetap berfokus pada kualitas solusi (nilai Z) yang dihasilkan pada konvergensi terbaik.

3 Hasil Dan Pembahasan

3.1 Hasil Penjadwalan

Sistem berhasil diimplementasikan dan diuji dengan dataset aktual penjadwalan perkuliahan. Hasil evaluasi kinerja sistem disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penjadwalan Perkuliahan (Sistem *Automated* vs Metode Tradisional)

Parameter	Sistem <i>Automated</i>	Metode Tradisional	<i>Improvement</i>
Waktu <i>Generate Otomatis</i> Jadwal	± 17 detik	2 hari kerja***	99,97% lebih cepat****
Kepatuhan <i>Hard constraints</i>	100% (0 konflik)	85-90% (8-12 konflik)	100% peningkatan
Kualitas <i>Soft constraints (Z)*</i>	Optimal ($Z = 2$)	Poor ($Z > 25$)	92% peningkatan
Validasi <i>Real-time**</i>	$\pm 1,2$ detik	30 menit	99,93% lebih cepat
<i>Delivery Rate</i> Notifikasi	95% (WhatsApp/email)	65% (email)	46% <i>improvement</i>
Utilisasi Ruang	89%	68%	31% peningkatan

*) Nilai Z merupakan akumulasi penalti *soft constraints*

**) Validasi ketika merubah Data Cell di Sheet Detail

***) Baseline perhitungan mengacu pada skenario 2 hari kerja (16 jam)

****) Dihitung berdasarkan baseline 2 hari kerja

Merujuk pada Tabel 2, terdapat distingsi metrik yang jelas antara kepatuhan *hard constraints* dan kualitas *soft constraints*. Pada *hard constraints*, sistem dievaluasi berdasarkan ada tidaknya pelanggaran (*violations*), dan sistem otomatis berhasil mencapai 100% kepatuhan (0 konflik ruangan dan dosen). Perlu ditegaskan bahwa mata kuliah yang tidak terplot diperlakukan sebagai penempatan yang tidak layak (*infeasible*) akibat keterbatasan slot, bukan karena pelanggaran *constraint*.

Sebaliknya, pada *soft constraints*, kinerja diukur menggunakan fungsi penalti (Z) yang mengakumulasi deviasi dari kondisi ideal. Sistem usulan mencapai nilai *near-optimal soft constraint performance* ($Z = 2$), yang terdiri dari $P_1 = 0$ (100% kesesuaian bidang), $P_3 = 0$ (jeda waktu memadai), dan $P_2 = 2$ (deviasi minimal pada dua dosen dengan beban 14 SKS karena keterbatasan sumber daya). Hal ini berbeda signifikan dengan metode tradisional yang memiliki nilai $Z > 25$ akibat distribusi beban yang tidak merata dan penugasan lintas bidang.

Secara keseluruhan, sistem otomatis menawarkan peningkatan kinerja yang signifikan. Waktu generasi jadwal dipercepat dari 2 hari kerja menjadi ± 17 detik (hingga 99,97% lebih cepat pada skenario terburuk), sementara validasi *real-time* turun dari 30 menit menjadi $\pm 1,2$ detik. Sistem juga mempertahankan 0 konflik *hard constraint*, meningkatkan utilisasi ruangan hingga

89%, serta mencapai *delivery rate* notifikasi 95% melalui WhatsApp dan email. Dengan demikian, sistem tidak hanya mempercepat proses, tetapi juga meningkatkan kualitas dan efisiensi alokasi sumber daya secara operasional.

3.2 Pembahasan

Berdasarkan protokol eksperimen yang telah ditetapkan, setiap algoritma diuji sebanyak 10 kali run untuk mendapatkan data yang stabil. Berikut adalah analisis komparatif kinerja algoritma usulan dibandingkan dengan pendekatan metaheuristik lainnya berdasarkan rata-rata hasil pengujian:

Tabel 3. Analisis komparatif metode penjadwalan

<i>Metric</i>	<i>Greedy Algorithm</i>	<i>Greedy Algorithm + Local Search</i>	<i>Genetic Algorithm</i>	<i>Simulated Annealing</i>
<i>Response Time</i>	± 30 detik	± 17 detik	± 48 detik	± 26 detik
<i>Scalability</i>	120 mata kuliah	120 mata kuliah	120 mata kuliah	120 mata kuliah
<i>Plotted Courses</i>	115 mata kuliah	119 mata kuliah	118 mata kuliah	101 mata kuliah
<i>Unplotted Courses</i>	5 mata kuliah	1 mata kuliah	2 mata kuliah	19 mata kuliah
<i>Conflict Prevention Rate</i>	100%	100%	81,36%	100%
<i>Plotting Accuracy (Feasibility Rate)</i>	95,83%	99,17%	98,33%	84,17%
<i>Implementation Complexity</i>	Medium	Medium	High	Medium

Berdasarkan data pada tabel 3, *greedy algorithm* dengan *local search* menunjukkan kinerja terbaik secara keseluruhan. Nilai waktu respons (± 17 detik) tingkat keberhasilan penjadwalan tertinggi (119 dari 120 mata kuliah, atau 99,17% akurasi), dan tetap mempertahankan pencegahan konflik 100% dengan kompleksitas implementasi sedang. Meskipun *greedy algorithm* lebih cepat dari *genetic algorithm* dan *simulated annealing* dalam hal respons dan skalabilitas, akurasi (95,83%) sedikit lebih rendah dibanding versi yang diperkuat dengan *local search*. Sementara itu, *simulated annealing* gagal menjadwalkan mata kuliah sebanyak 19 *Unplotted Courses*. Hal ini mengindikasikan bahwa *Conflict Prevention Rate* 100% pada SA menjadi kurang bermakna jika tidak disertai dengan *Plotting Accuracy (Feasibility Rate)* yang rendah (84,17%), sehingga kurang andal untuk kebutuhan penjadwalan yang ketat, dan *genetic algorithm*, meski mampu menjadwalkan 118 mata kuliah, *Conflict Prevention Rate* hanya 81,36%, sehingga kurang andal untuk kebutuhan penjadwalan yang ketat. Dengan demikian, kombinasi *greedy* dan *local search* menawarkan keseimbangan optimal antara kecepatan, akurasi, keandalan, dan kompleksitas implementasi.

3.2.1 Keberhasilan pengiriman WhatsApp

Sebanyak 95% dosen (25 dari 26 dosen) berhasil menerima pesan berisi informasi beban mengajar secara otomatis. Tingkat kegagalan 5% (1 dosen) disebabkan oleh nomor kontak yang tidak terdaftar atau tidak valid di WhatsApp. *Delivery rate* 95% ini sudah lebih baik dibanding metode tradisional berbasis email yang hanya mencapai 65%, mengingat tingkat keterbacaan pesan WhatsApp yang lebih tinggi (*read rate* >90%). Namun, perlu dicatat bahwa pengiriman melalui RPA desktop memiliki latensi lebih tinggi (rata-rata 3-5 detik per pesan) dibanding WhatsApp Business API yang dapat mengirim secara *batch*, sehingga untuk skala ribuan notifikasi, migrasi ke API resmi menjadi kebutuhan penting.

3.2.2 Efisiensi dan Keunggulan Komparatif

Peningkatan efisiensi dalam sistem ini berasal dari integrasi algoritma *heuristic* berbasis *greedy* yang diperkuat dengan *local search*, yang secara cerdas mengalokasikan sumber daya (waktu, ruang, dosen) dalam satu proses terpadu. Berbeda dengan metode tradisional yang mengandalkan koordinasi manual, sistem ini memproses 120 mata kuliah dalam waktu ± 17 detik dengan akurasi 100% terhadap *hard constraints* dan validasi *real-time* $\pm 1,2$ detik. Secara komparatif, pendekatan ini menawarkan keunggulan signifikan dibanding metode *metaheuristic* lainnya. Sistem mencapai akurasi penjadwalan tertinggi (99,17%) dan tingkat pencegahan konflik 100%, melampaui kinerja *Genetic Algorithm* (tingkat konflik 81,36%) dan *Simulated Annealing* (kelayakan penjadwalan 84,17%).

Selain dimensi teknis, sistem ini unggul dalam aspek operasional dan adopsi pengguna. Kompleksitas implementasi yang sedang memudahkan adopsi oleh institusi dengan sumber daya terbatas dibanding solusi *metaheuristic* kompleks. Integrasi *low-cost* dengan Google Workspace dan WhatsApp memungkinkan *deployment* tanpa infrastruktur khusus, sekaligus meningkatkan *delivery rate* notifikasi hingga 95% (vs 65% pada email konvensional). Utilisasi ruangan juga meningkat signifikan menjadi 89%, mencerminkan alokasi sumber daya yang lebih optimal. Dengan demikian, kombinasi *greedy* dan *local search* menawarkan keseimbangan optimal antara kecepatan, akurasi, keandalan, dan kompleksitas implementasi yang *user-centric*.

4 Simpulan

Berdasarkan evaluasi empiris dan analisis komparatif terhadap sistem penjadwalan yang dikembangkan, dapat disimpulkan bahwa pendekatan *Constraint satisfaction problem* (CSP) dan algoritma *Greedy Algorithm + Local Search* yang diintegrasikan dengan platform Google Workspace dan WhatsApp mampu memberikan solusi penjadwalan akademik yang efisien, akurat,

dan terjangkau bagi institusi pendidikan tinggi dengan sumber daya teknis terbatas. Temuan utama penelitian ini adalah:

1. Memenuhi 100% *hard constraints* dan mengoptimalkan *soft constraints* hingga kategori optimal. Sistem ini terbukti jauh lebih unggul dibanding metode tradisional, dengan waktu generasi jadwal yang dipersingkat dari 2 hari kerja menjadi hanya ± 17 detik (peningkatan efisiensi 99,97%), serta mampu mengirimkan notifikasi beban mengajar kepada 95% dosen secara otomatis melalui WhatsApp dan email.
2. Pendekatan *heuristic* yang dikembangkan, khususnya kombinasi *greedy algorithm* dengan *local search*, mampu mengoptimalkan kompleksitas komputasi tanpa mengorbankan keandalan. Hal ini dibuktikan melalui kinerja terbaik di antara berbagai metode komputasional lain: akurasi penjadwalan 99,17%, *response time* hanya ± 17 detik, dan kompleksitas implementasi yang tetap sedang.
3. Arsitektur multi-platform yang menggabungkan *Google Apps Script* sebagai mesin logika dan *WhatsApp* sebagai saluran distribusi berhasil mencapai *delivery rate* 95%, menunjukkan efektivitas tinggi dalam komunikasi akademik secara *real-time* dan *user-centric*.
4. Sistem ini telah teruji dalam skenario operasional nyata yang melibatkan 120 mata kuliah, 11 ruangan, dan 26 dosen, dengan konsistensi performa yang stabil, membuktikan skalabilitas pada skala pengujian dan kesiapannya untuk diimplementasikan di lingkungan pendidikan tinggi dengan karakteristik serupa.
5. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada demonstrasi integrasi sukses antara metode pemenuhan kendala (*constraint satisfaction*) dan platform produktivitas yang sudah ada, menawarkan arsitektur manajemen teknologi informasi yang *low-cost*, *scalable* untuk skala menengah, dan mudah diadopsi.

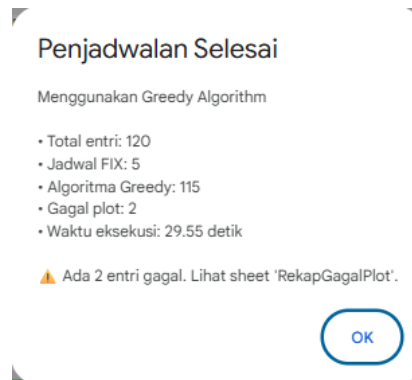
Secara keseluruhan, temuan ini mengkonfirmasi hipotesis awal bahwa solusi berbasis platform umum yang terintegrasi dapat menjadi fondasi sistem penjadwalan akademik modern yang efektif, adil, dan terjangkau. Sistem ini secara efektif menjembatani kesenjangan antara kebutuhan operasional institusi pendidikan dan keterjangkauan teknologi, sekaligus memvalidasi kontribusi utama penelitian ini dalam bentuk arsitektur integratif yang dapat direplikasi, khususnya bagi institusi yang menghadapi keterbatasan infrastruktur teknologi informasi.

5 Daftar Pustaka

- [1] E. Rappos, E. Thiémarc, S. Robert and J.-F. Hêche, "A *mixed-integer programming* approach for solving university course timetabling problems," *Springer*, p. 391–404, 2022.
- [2] M. Davison, A. Kheiri and K. G. Zografos, "Modelling and solving the university course timetabling problem with *hybrid* teaching considerations," *Journal of Scheduling*, p. 195–215, 2025.
- [3] N. R. Joshi and T. V. Agarwal, "Optimizing University Course Timetabling Using Constraint Satisfaction Models," *International Academic Journal of Science and Engineering*, pp. 5-8, 2023.
- [4] B. M. Coşar, B. Say and T. Dökeroğlu, "A New Greedy Algorithm for the Curriculum-based Course Timetabling Problem," *Duzce University Journal of Science and Technology*, p. 1121 – 1136, 2023.
- [5] Menteri Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi Republik Indonesia, "Database Peraturan BPK," 2024. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/303315/permendikbudriset-no-44-tahun-2024>.
- [6] W. Song, Z. Cao, J. Zhang, C. Xu and A. Lim, "Learning variable ordering heuristics for solving *Constraint satisfaction problems*," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, p. 104603, 2022.
- [7] C. B. Mallari, J. L. San Juan and R. Li, "The university coursework timetabling problem: An optimization approach to synchronizing course calendars," *Computers & Industrial Engineering*, p. 109561, 2023.
- [8] H. Cambazard, E. Hebrard, B. O’Sullivan and A. Papadopoulos, "Local search and constraint programming for the post enrolment-based course timetabling problem," *Springer*, pp. 111-135, 2012.
- [9] M. Hambali, AOlasupo and YDalhatu, "Automated university lecture timetable using Heuristic Approach," *Nigerian Journal of Technology*, pp. 1-14, 2020.
- [10] Google, "Google Developers," Google, [Online]. Available: <https://developers.google.com/apps-script>.
- [11] F. Dunke and S. Nickel, "A matheuristic for customized multi-level multi-criteria university timetabling," *Springer*, p. 1313–1348, 2023.

Lampiran

1. Otomasi greedy algorithm



Gambar 1. Notif penjadwalan greedy algorithm

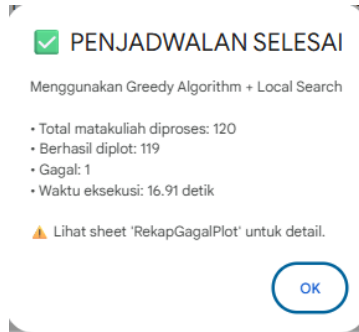
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2	Detail											
3	Peminat	Sisa	Matakuliah	Koles	Semester	SKS	Ruangan	Kapasitas	Hari	Sesi	Dosen 1	SKS 1
4	50	30	Analisis Numerik dan Pemodelan - (III) - S1	A	III	3	MT204	80	Senin	10.00 - 10.50	Mavindra Ramadhani, S.T., M.T.	3.0
5	50	0	Aplikasi Teknologi dan Transformasi Digital - (VI) - S1	A	VI	3	MT104	50	Selasa	07.00 - 07.50	Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.	3.0
6	50	10	Biologi - (III) - S1	A	III	2	MT105	60	Senin	10.00 - 10.50	Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.	3.0
7	150	30	Biomaterial - (IV) - S1	A	IV	2	MT106	60	Senin	13.30 - 14.20	Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.	3.0
8	0	0	Biomaterial - (IV) - S1	B	IV	2	MT107	60	Senin	13.30 - 14.20	Respati Kevin Pramadewandaru, S.Si., M.Sc., ...	3.0
9	0	0	Biomaterial - (IV) - S1	C	IV	2	MT219	60	Senin	13.30 - 14.20	Anna Zakkyatul Laila, S.Si., M.Si., Ph.D.	3.0
10	50	10	Deformasi dan Proses Pembentukan - (IX) - S1	A	IX	3	MT219	60	Selasa	13.30 - 14.20	Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.(Eng.), Ph.D.	3.0
11	50	0	Desain Proses Industri - (VII) - S1	A	VII	3	MT101	50	Selasa	10.00 - 10.50	Fakhreza Abdul, S.T., M.T.	3.0
12	50	10	Diagram Fasa dan Transformasi - (II) - S1	A	II	2	MT107	60	Senin	07.00 - 07.50	Dr. Haryati Purwaningsih, S.Si., M.Si.	3.0
13	50	10	Ekstraksi Metalurgi dan Proses Pemurnian - (VI) - S1	A	VI	3	MT105	60	Selasa	07.00 - 07.50	Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.	3.0
14	150	20	Elemen Mesin - (IV) - S1	A	IV	2	MT103	60	Senin	13.30 - 14.20	Fakhreza Abdul, S.T., M.T.	3.0
15	0	0	Elemen Mesin - (IV) - S1	B	IV	2	MT104	50	Senin	13.30 - 14.20	Alhian Toto Wibisono, S.T., M.T., Ph.D.	3.0
16	0	0	Elemen Mesin - (IV) - S1	C	IV	2	MT105	60	Senin	13.30 - 14.20	Yusuf Pradesar, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D.	3.0
17	50	0	Fenomena Transport - (IV) - S1	A	IV	4	MT101	50	Senin	13.30 - 14.20	Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.	3.0
18	50	10	Fisika 3 - (III) - S1	A	III	3	MT103	60	Senin	07.00 - 07.50	Yuli Setyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.	3.0
19	0	0	Fisika Listrik dan Magnet - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Selasa	14.30 - 15.20	SKPB	3.0
20	0	0	Fisika Listrik dan Magnet - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Selasa	16.30 - 17.20	SKPB	3.0
21	0	0	Fisika Mekanika - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	4	SKPB	80	Senin	07.00 - 07.50	SKPB	3.0
22	50	10	Gambar Teknik dan Mesin - (I) - S1	A	I	2	MT103	60	Senin	10.00 - 10.50	Prof. Dr. Sungging Pintowantoro, S.T., M.T.	3.0
23	50	10	Inspeksi Tanpa Merusak dan Berbasis Resiko - (I) - S1	A	IX	3	MT105	60	Selasa	10.00 - 10.50	Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.	3.0
24	0	0	Kalkulus 1 - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	3	SKPB	80	Jumat	15.30 - 16.20	SKPB	3.0
25	0	0	Kalkulus 1 - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	3	SKPB	80	Jumat	16.30 - 17.20	SKPB	3.0
26	0	0	Kalkulus 2 - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Rabu	13.30 - 14.20	SKPB	3.0
27	50	0	Kalkulus 3 - (III) - S1	A	III	3	MT101	50	Senin	07.00 - 07.50	Dr. Widayati, S.Si., M.Si.	3.0
28	100	40	Karakterisasi Material - (V) - S1	A	V	3	MT204	80	Senin	16.30 - 17.20	Sutarsis, S.T., M.Sc., Ph.D.	3.0

Gambar 2. Hasil otomasi greedy algorithm

A	B	C	D	E	F	G
No	Nama Matakuliah	Semester	Kebutuhan Ruang	Entry	Ke Baris	Alasan Gagal
1	Struktur dan Sifat Mekanik Material - (I) - S I	I	1	1	140	Tidak menemukan slot tersedia
2	Metalurgi Las - (I) - S3	I	1	1	141	Tidak menemukan slot tersedia

Gambar 3. Unplotted courses greedy algorithm

2. Otomasi greedy algorithm + local search



Gambar 4. Notif penjadwalan greedy algorithm + local search

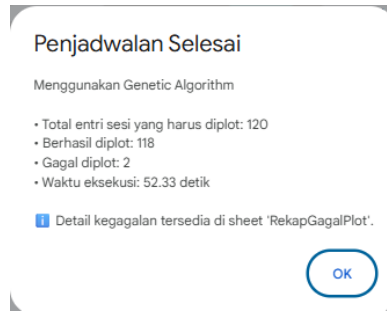
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Peminat	Sisa	Matakuliah	Kelas	Semester	SKS	Ruangan	Kapasitas	Hari	Sesi	Down 1	SKS 1
4	50	10	Analisis Numerik dan Pemodelan - (III) - S1	A	III	3	MT.555	60	Senin	07.00 - 07.50	Mavindra Ramadhani, S.T., M.T.	3.0	
5	50	10	Aplikasi Teknologi dan Transformasi Digital - (VI) - S1	A	VI	3	MT.103	60	Rabu	07.00 - 07.50	Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.	3.0	
6	50	10	Biologi - (III) - S1	A	III	2	MT.219	60	Senin	10.00 - 10.50	Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.	3.0	
7	150	10	Biomaterial - (IV) - S1	A	IV	2	MT.104	50	Selasa	07.00 - 07.50	Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.	3.0	
8	0	0	Biomaterial - (IV) - S1	B	IV	2	MT.104	50	Selasa	10.00 - 10.50	Respati Kevin Pramadewandaru, S.Si., M.Sc., ...	3.0	
9	0	0	Biomaterial - (IV) - S1	C	IV	2	MT.105	60	Selasa	07.00 - 07.50	Anna Zakiyatul Laila, S.Si., M.Si., Ph.D.	3.0	
10	50	10	Deformasi dan Proses Pembentukan - (IX) - S1	A	IX	3	MT.105	60	Kamis	07.00 - 07.50	Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.(Eng.), Ph.D.	3.0	
11	50	10	Desain Proses Industri - (VII) - S1	A	VII	3	MT.107	60	Rabu	07.00 - 07.50	Fakhriza Abdul, S.T., M.T.	3.0	
12	50	0	Diagram Fasa dan Transformasi - (II) - S1	A	II	2	MT.104	50	Senin	10.00 - 10.50	Dr. Hariyati Purwaningsih, S.Si., M.Si.	3.0	
13	50	10	Ekstraksi Metalurgi dan Proses Pemurnian - (VI) - S1	A	VI	3	MT.103	60	Rabu	10.00 - 10.50	Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.	3.0	
14	150	20	Elemen Mesin - (IV) - S1	A	IV	2	MT.101	50	Selasa	10.00 - 10.50	Fakhriza Abdul, S.T., M.T.	3.0	
15	0	0	Elemen Mesin - (IV) - S1	B	IV	2	MT.103	60	Selasa	07.00 - 07.50	Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T., Ph.D.	3.0	
16	0	0	Elemen Mesin - (IV) - S1	C	IV	2	MT.103	60	Selasa	10.00 - 10.50	Yusuf Pradesar, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D.	3.0	
17	50	0	Fenomena Transport - (IV) - S1	A	IV	4	MT.101	50	Selasa	07.00 - 07.50	HaniFudn Nurdiansah, S.T., M.T.	3.0	
18	50	10	Fisika 3 - (III) - S1	A	III	3	MT.107	60	Senin	10.00 - 10.50	Yuli Setyorny, S.T., M.Phil., Ph.D.	3.0	
19	0	0	Fisika Listrik dan Magnet - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Selasa	14.30 - 15.20	SKPB	3.0	
20	0	0	Fisika Listrik dan Magnet - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Selasa	16.30 - 17.20	SKPB	3.0	
21	0	0	Fisika Mekanika - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	4	SKPB	80	Senin	07.00 - 07.50	SKPB	3.0	
22	50	0	Gambar Teknik dan Mesin - (I) - S1	A	I	2	MT.101	50	Senin	13.30 - 14.20	Prof. Dr. Sungging Pintowantoro, S.T., M.T.	3.0	
23	50	10	Inspeksi Tanpa Merusak dan Berbasis Resiko - (I) - S1	A	IX	3	MT.219	60	Rabu	10.00 - 10.50	Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.	3.0	
24	0	0	Kalkulus 1 - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	3	SKPB	80	Jumat	15.30 - 16.20	SKPB	3.0	
25	0	0	Kalkulus 1 - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	3	SKPB	80	Jumat	16.30 - 17.20	SKPB	3.0	
26	0	0	Kalkulus 2 - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Rabu	13.30 - 14.20	SKPB	3.0	
27	50	10	Kalkulus 3 - (III) - S1	A	III	3	MT.107	60	Senin	07.00 - 07.50	Dr. Widayastuti, S.Si., M.Si.	3.0	
28	100	20	Karakterisasi Material - (V) - S1	A	V	3	MT.555	60	Selasa	07.00 - 07.50	Sutarsis, S.T., M.Sc., Ph.D.	3.0	

Gambar 5. Hasil otomasi greedy algorithm + local search

	A	B	C	D	E	F
1	No	Nama Matakuliah	Kebutuhan SKS		Entry Ke	Alasan
2	1	Metalurgi Las - (I) - S3	1	3	1	Tidak ada slot tersedia setelah semua fallback
3						
4						

Gambar 6. Unplotted courses greedy algorithm + local search

3. Otomasi genetic algorithm



Gambar 7. Notif penjadwalan genetic algorithm

Detail	Peminat	Sisa	Matakuliah	Kelas	Semester	SKS	Ruangan	Kapasitas	Hari	Sesi	Dosen 1	SKS 1
	50	30	Analisis Numerik dan Pemodelan - (III) - S1	A	III	3	MT.204	80	Jumat	07.00 - 07.50	Prof. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.	1.0
	50	0	Aplikasi Teknologi dan Transformasi Digital - (VI)...	A	VI	3	MT.101	50	Kamis	11.00 - 11.50	Yuli Setyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.	1.0
	50	0	Biologi - (III) - S1	A	III	2	MT.104	50	Jumat	16.30 - 17.20	Dr. Hariyati Purwaningsih, S.Si., M.Si.	1.0
	150	20	Biomaterial - (IV) - S1	A	IV	2	MT.101	50	Senin	17.30 - 18.20	Yuli Setyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.	1.0
	0	0	Biomaterial - (IV) - S1	B	IV	2	MT.220	60	Rabu	11.00 - 11.50	Prof. Dr. Sungging Pinbawantoro, S.T., M.T.	1.0
	0	0	Biomaterial - (IV) - S1	C	IV	2	MT.107	60	Kamis	17.30 - 18.20	Dr. Eng. Hosta Ardhyantana, S.T., M.Sc.	1.0
	50	10	Deformasi dan Proses Pembentukan - (IX) - S1	A	IX	3	MT.105	60	Jumat	15.30 - 16.20	Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.	1.0
	50	10	Desain Proses Industri - (VII) - S1	A	VII	3	MT.106	60	Rabu	10.00 - 10.50	Prof. Dr. Ir. Sulistiono, DEA.	1.0
	50	10	Diagram Fasa dan Transformasi - (II) - S1	A	II	2	MT.106	60	Senin	10.00 - 10.50	Wikan Jatmuri, S.T., M.Sc.	1.0
	50	10	Ekstraksi Metalurgi dan Proses Pemurnian - (VI)...	A	VI	3	MT.220	60	Jumat	12.00 - 12.50	Lukman Noerochim, S.T., M.Sc (Eng.), Ph.D.	1.0
	150	30	Elemen Mesin - (IV) - S1	A	IV	2	MT.103	60	Kamis	12.00 - 12.50	Anna Zakkyatul Laila, S.Si., M.Si., Ph.D.	1.0
	0	0	Elemen Mesin - (IV) - S1	B	IV	2	MT.105	60	Senin	07.00 - 07.50	Prof. Dr. Ir. Sulistiono, DEA.	1.0
	0	0	Elemen Mesin - (IV) - S1	C	IV	2	MT.105	60	Senin	18.30 - 19.20	Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.	1.0
	50	10	Fenomena Transport - (IV) - S1	A	IV	4	MT.106	60	Selasa	17.30 - 18.20	Fakhreza Abdul, S.T., M.T.	1.0
	50	10	Fisika 3 - (III) - S1	A	III	3	MT.107	60	Jumat	15.30 - 16.20	Sutarsis, S.T., M.Sc., Ph.D.	1.0
	0	0	Fisika Listrik dan Magnet - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Jumat	13.30 - 14.20	SKPB	1.0
	0	0	Fisika Mekanika - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	4	SKPB	80	Jumat	18.30 - 19.20	SKPB	1.0
	50	10	Gambar Teknik dan Mesin - (I) - S1	A	I	2	MT.103	60	Senin	15.30 - 16.20	Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.	1.0
	50	10	Inspeksi Tanpa Merusak dan Berbasis Resiko - (I...	A	IX	3	MT.220	60	Rabu	07.00 - 07.50	Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T., Ph.D.	1.0
	0	0	Kalkulus 1 - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	3	SKPB	80	Kamis	10.00 - 10.50	SKPB	1.0
	0	0	Kalkulus 2 - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Selasa	12.00 - 12.50	SKPB	1.0
	50	10	Kalkulus 3 - (III) - S1	A	III	3	MT.107	60	Kamis	14.30 - 15.20	Prof. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.	1.0
	100	40	Karakterisasi Material - (V) - S1	A	V	3	MT.105	60	Senin	13.30 - 14.20	Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D.	1.0
	0	0	Karakterisasi Material - (V) - S1	B	V	3	MT.204	80	Senin	15.30 - 16.20	Prof. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.	1.0
	50	10	Kekuatan Material Lanjut - (IX) - S1	A	IX	3	MT.107	60	Senin	18.30 - 19.20	Yusuf Pradesar, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D.	1.0

Gambar 8. Hasil otomasi genetic algorithm

Warna pink pada baris merupakan hasil dari *conditional formatting* terhadap plotting yang bentrok terhadap durasi SKS dengan baris yang lain.

	A	B	C	D	E
1	No	Matakuliah	Kebutuhan Ruan	Alasan	Strategi GA
2	1	Kimia 2 - (III) - S1	1	Tidak muat dalam batasan ruang/waktu/konflik	strict
3	2	Korosi dan Pengendalian - (V) - S	1	Tidak muat dalam batasan ruang/waktu/konflik	strict
4					

Gambar 9. Unplotted courses genetic algorithm

4. Otomasi simulated annealing algorithm

Penjadwalan Selesai

Menggunakan Simulated Annealing

- Total matakuliah wajib: 120
- Berhasil diplot: 101
- Gagal diplot: 19
- Waktu: 25.03 detik

Lihat sheet "RekapGagalPlot" untuk daftar lengkap!



Gambar 10. Notif penjadwalan simulated annealing algorithm

Peminat	Sisa	Matakuliah	Kelas	Semester	SKS	Ruangan	Kapasitas	Hari	Sesi	Dosen 1	SKS 1
50	0	Analisis Numerik dan Pemodelan - (III) - S1	A	III	3	MT.101	50	Kamis	11.00 - 11.50	Hanifudin Nurdiansah, S.T., M.T.	3.0
50	10	Aplikasi Teknologi dan Transformasi Digital - (VI) - S1	A	VI	3	MT.105	60	Kamis	15.30 - 16.20	Prof. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.	3.0
50	30	Biologi - (III) - S1	A	III	2	MT.204	80	Jumat	11.00 - 11.50	Wikan Jatmurti, S.T., M.Sc.	3.0
150	10	Biomaterial - (IV) - S1	A	IV	2	MT.104	50	Selasa	12.00 - 12.50	Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA.	3.0
7	0	Biomaterial - (IV) - S1	B	IV	2	MT.101	50	Jumat	10.00 - 10.50	Prof. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.	3.0
9	0	Biomaterial - (IV) - S1	C	IV	2	MT.107	60	Kamis	09.00 - 09.50	Prof. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.	3.0
50	0	Deformasi dan Proses Pembentukan - (IX) - S1	A	IX	3	MT.101	50	Kamis	15.30 - 16.20	Vania Mitha Pratwi, S.T., M.T.	3.0
11	50	Desain Proses Industri - (VII) - S1	A	VII	3	MT.219	60	Senin	12.00 - 12.50	Wikan Jatmurti, S.T., M.Sc.	3.0
12	50	Diagram Fasa dan Transformasi - (II) - S1	A	II	2	MT.219	60	Senin	09.00 - 09.50	Dr. Haryati Purwaningsih, S.Si., M.Si.	3.0
13	50	Ekstraksi Metalurgi dan Proses Pemurnian - (VI) - S1	A	VI	3	MT.104	50	Jumat	08.00 - 08.50	Prof. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.	3.0
14	150	Elemen Mesin - (IV) - S1	A	IV	2	MT.107	60	Senin	07.00 - 07.50	Anna Zakayatul Laila, S.Si., M.Si., Ph.D.	3.0
15	0	Elemen Mesin - (IV) - S1	B	IV	2	MT.106	60	Senin	15.30 - 16.20	Athreda Krisna Altama, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D.	3.0
16	0	Elemen Mesin - (IV) - S1	C	IV	2	MT.103	60	Jumat	16.30 - 17.20	Muhammad Bagas Ananda, S.T., M.T.	3.0
17	50	Fenomena Transport - (IV) - S1	A	IV	4	MT.204	80	Kamis	10.00 - 10.50	Yusuf Pradesar, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D.	3.0
18	50	Fisika 3 - (III) - S1	A	III	3	MT.103	60	Rabu	16.30 - 17.20	Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.	3.0
19	0	Fisika Listrik dan Magnet - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Selasa	15.30 - 16.20	SKPB	3.0
20	0	Fisika Mekanika - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	4	SKPB	80	Kamis	08.00 - 08.50	SKPB	3.0
21	50	Gambar Teknik dan Mesin - (I) - S1	A	I	2	MT.555	60	Selasa	13.30 - 14.20	Prof. Dr. Sungging Pintowantoro, S.T., M.T.	3.0
22	50	Inspeksi Tanpa Merusak dan Berbasis Resiko - (I) - S1	A	IX	3	MT.555	60	Kamis	14.30 - 15.20	Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.	3.0
23	0	Kalkulus 1 - (I) - S1 SKPB	SKPB	I	3	SKPB	80	Jumat	15.30 - 16.20	SKPB	3.0
24	0	Kalkulus 2 - (II) - S1 SKPB	SKPB	II	3	SKPB	80	Rabu	07.00 - 07.50	SKPB	3.0
25	50	Kalkulus 3 - (III) - S1	A	III	3	MT.220	60	Selasa	08.00 - 08.50	Dr. Eng. Hosta Ardhyantanta, S.T., M.Sc.	3.0
26	100	Karakterisasi Material - (V) - S1	A	V	3	MT.107	60	Selasa	14.30 - 15.20	Yusuf Pradesar, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D.	3.0
27	0	Karakterisasi Material - (V) - S1	B	V	3	MT.103	60	Senin	09.00 - 09.50	Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.	3.0
28	50	Kekuatan Material Lanjut - (IX) - S1	A	IX	3	MT.220	60	Selasa	11.00 - 11.50	Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.	3.0

Gambar 11. Hasil otomasi simulated annealing algorithm

No	Nama Matakuliah	Kelas	Entry	Kes	Semester	SKS	Kebutuhan Ruan	Keterangan
1	Teknologi Material Nano - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
2	Struktur dan Sifat Mekanik Material - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
3	Karakterisasi Material Lanjut - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
4	Termodinamika dan Kinetika Material - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
5	Perancangan Sistem Pengendalian Korosi - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
6	Metalurgi Cor dan Las - (II) - S2	A	1	II	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
7	Pemodelan Proses Pengolahan Material - (II) - S2	A	1	II	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
8	Perlakuan Panas dan Rekayasa Permukaan - (II) - S2	A	1	II	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
9	Material Polimer dan Komposit Lanjut - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
10	Korosi Temperatur Tinggi - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
11	Metalurgi Ekstraksi - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
12	Metodologi Penelitian - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
13	Mekanika Material Komposit - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
14	Material Keramik Lanjut - (I) - S2	A	1	I	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
15	Material Energi - (II) - S2	A	1	II	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
16	Material Elektronik - (II) - S2	A	1	II	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
17	Material Bio - (II) - S2	A	1	II	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
18	Material Maju - (II) - S2	A	1	II	3	1	Tidak ditemukan slot valid	
19	Topik Khusus : Kecerdasan Buatan Untuk Rekayasa Material dan Metalurgi - (IV) - A	A	1	IV	3	1	Tidak ditemukan slot valid	

Gambar 12. Unplotted courses simulated annealing

5. Hasil Distribusi Beban SKS

No	Nama Dosen	Beban (Mata Kuliah & Kelas)	Total SKS	Nomor WA	Status
1	Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA.	Material Elektronik - (IX) - S1 - C - 3 SKS (Kamis - 07.00 - MT.101)	12.0		
2	Prof. Dr. Sungging Pintowantoro, S.T., M.T.	Gambar Teknik dan Mesin - (I) - S1 - A - 3 SKS (Senin - 13.30 - MT.101)	12.0		
3	Prof. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.	Material Keramik dan Gelas - (IV) - S1 - A - 3 SKS (Selasa - 07.00 - MT.219)	12.0		
4	Prof. Mas Irfan Purbawanto Hidayat, S.T., M.Sc., Ph.D	Material Keramik Lanjut - (I) - S2 - Q - 3 SKS (Kamis - 10.00 - MT.345)	12.0		
5	Prof. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.	Material Magnetik - (IX) - S1 - A - 3 SKS (Kamis - 07.00 - MT.104)	12.0		
6	Dr. Hariyati Purwaningsih, S.Si., M.Si.	Material Maju - (II) - S2 - Q - 3 SKS (Jumat - 10.00 - MT.345)	12.0		
7	Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.	Diagram Fasa dan Transformasi - (II) - S1 - R - 3 SKS (Senin - 07.00 - MT.105)	12.0		
8	Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D.	Teknologi Pengelasan - (V) - S1 - A - 3 SKS (Selasa - 10.00 - MT.204)	12.0		
9	Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.(Eng), Ph.D.	Diagram Fasa dan Transformasi - (II) - S1 - D - 3 SKS (Senin - 07.00 - MT.106)	12.0		

Gambar 13. Hasil distribusi beban beban SKS

Dari hasil generate beban SKS di Gambar 13 ini didapatkan hasil distribusi beban SKS yang merata sesuai dengan Permendikbudristek No 44 Tahun 2024 Pasal 2 ayat (2 b), dimana Dosen tetap memenuhi beban kerja paling sedikit sepadan dengan 12 (dua belas) satuan kredit semester. Dapat dilihat di gambar 14

BAB II PROFESI DOSEN

Bagian Kesatu Status dan Jabatan Akademik Dosen

Pasal 2

- (1) Status Dosen terdiri atas:
 - a. Dosen tetap; dan
 - b. Dosen tidak tetap.
- (2) Dosen tetap sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a:
 - a. bekerja penuh waktu pada Perguruan Tinggi; dan
 - b. memenuhi beban kerja paling sedikit sepadan dengan 12 (dua belas) satuan kredit semester.
- (3) Dosen tidak tetap sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b:
 - a. tidak bekerja penuh waktu pada Perguruan Tinggi; dan/atau
 - b. memenuhi beban kerja kurang dari 12 (dua belas) satuan kredit semester.

Gambar 14. Permendikbudristek No. 44 Tahun 2024 Pasal 2