RANCANG BANGUN APLIKASI WEB PENJADWALAN MATA PELAJARAN MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM DAN TABU SEARCH DENGAN FITUR CHATBOT BERBASIS LARGE LANGUAGE MODEL (LLM) (STUDI KASUS: SMK BIM JOMBANG)

Aditya Ramadhan Putra Amari[1)], Ardhini Warih Utami[2)]

[1)] Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: aditya.22088@mhs.unesa.ac.id
[2)] Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: ardhiniwarih@unesa.ac.id

Abstract

Course timetabling at SMK Bakti Indonesia Medika (BIM) Jombang has traditionally been conducted manually using Microsoft Excel, requiring two to three days and remaining vulnerable to human error that causes schedule conflicts. This study aims to design and build an automated web-based course timetabling system using React, Golang, and PostgreSQL by implementing a Hybrid Genetic Algorithm (GA) and Tabu Search (TS) approach integrated with a Large Language Model (LLM) chatbot via Telegram. The hybrid GA-TS approach optimizes schedule solutions to satisfy all mandatory rules (hard constraints) and minimize preference violations (soft constraints), while the Gemini API-powered chatbot utilizes in-context learning to interactively present active schedules in natural language. Functional evaluation using Blackbox Testing across 34 scenarios shows that 100% of system features operate validly according to specifications. Furthermore, algorithm performance testing across 10 trials indicates that the Hybrid GA-TS model achieves an optimal fitness score of 1.0000 in 9 out of 10 trials (average fitness of 0.9143) with an average convergence time of 181.17 seconds, successfully producing conflict-free schedules.

Keywords: Chatbot; Course Timetabling; Genetic Algorithm; Large Language Model; Tabu Search

Abstrak

Penyusunan jadwal mata pelajaran di SMK Bakti Indonesia Medika (BIM) Jombang selama ini masih dilakukan secara manual menggunakan Microsoft Excel, sehingga memerlukan waktu dua hingga tiga hari serta rentan terhadap kesalahan manusia (human error) yang memicu bentrok jadwal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem informasi penjadwalan otomatis berbasis web menggunakan React, Golang, dan PostgreSQL dengan mengimplementasikan algoritma Hybrid Genetic Algorithm (GA) dan Tabu Search (TS) yang diintegrasikan dengan fitur chatbot berbasis Large Language Model (LLM) melalui Telegram. Pendekatan hibridisasi GA-TS diterapkan untuk menghasilkan solusi jadwal yang memenuhi seluruh aturan mutlak (hard constraint) dan meminimalkan pelanggaran preferensi (soft constraint), sedangkan fitur chatbot ditenagai oleh Gemini API berbasis in-context learning untuk menyajikan informasi jadwal aktif secara interaktif menggunakan bahasa alami. Hasil pengujian fungsional menggunakan Blackbox Testing pada 34 skenario menunjukkan seluruh fitur sistem berjalan valid sesuai rancangan. Selain itu, pengujian performa algoritma dari 10 kali percobaan membuktikan bahwa model Hybrid GA-TS mencapai fitness sempurna 1,0000 pada 9 dari 10 percobaan (rata-rata fitness 0,9143) dengan rata-rata waktu komputasi 181,17 detik, serta terbukti menghasilkan jadwal bebas konflik secara mutlak.

Kata Kunci: Algoritma Genetika; Chatbot; Large Language Model; Pencarian Tabu; Penjadwalan Mata Pelajaran.

 ISSN 3063-864X (E)

PENDAHULUAN

Penyusunan jadwal mata pelajaran merupakan tugas manajerial krusial di sekolah yang melibatkan sinkronisasi antara guru, kelas, dan slot waktu agar Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) berjalan tertib dan lancar. Di SMK Bakti Indonesia Medika (BIM) Jombang, proses penyusunan jadwal masih dilakukan secara manual menggunakan Microsoft Excel oleh Wakil Kepala Sekolah Bidang Kurikulum. Berdasarkan hasil wawancara pra-survei pada 2 April 2026 dan wawancara survei pada 19 Mei 2026, sekolah harus mengelola jadwal untuk 36 guru aktif (24 guru tetap dan 12 guru tidak tetap), 406 siswa yang terbagi dalam 18 rombongan belajar dari 4 kompetensi keahlian (Layanan Kesehatan, Teknik Laboratorium Medik, Teknologi Farmasi, dan Kimia Analisis), 28 mata pelajaran, serta 21 ruangan (15 ruang kelas dan 6 laboratorium). Rincian kompleksitas beban data penjadwalan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kompleksitas Data Penjadwalan SMK BIM Jombang

Komponen Data	Jumlah	Keterangan
Rombongan Belajar	18	Kelas X, XI, dan XII (4 jurusan)
Guru	36	24 Guru Tetap & 12 Guru Tidak Tetap
Mata Pelajaran	28	Mata pelajaran teori dan praktik
Ruang Kelas & Lab	21	Dipetakan statis sesuai mapel/jurusan
Total Sesi / Minggu	876	Beban jam mengajar bebas konflik

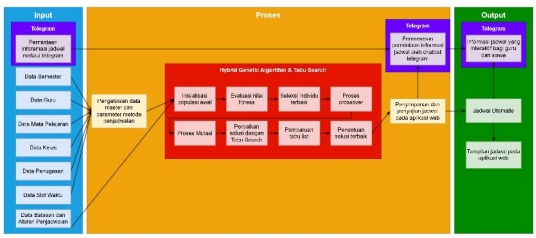
Berdasarkan Tabel 1, sekolah harus mengalokasikan 876 sesi jam pelajaran setiap minggunya dengan mematuhi aturan mutlak (hard constraint), meliputi beban mengajar guru pada rentang 24–40 jam per minggu, larangan bentrok guru (satu guru mengajar di dua kelas bersamaan), kewajiban penempatan mata pelajaran Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (PJOK) di jam pertama, serta kebijakan penggabungan kelas teori untuk jurusan Kimia Analisis (KA) dengan Teknik Laboratorium Medik (TLM) serta Analisis Pengujian Laboratorium (APL) dengan Layanan Penunjang Laboratorium Medik/Keperawatan (LPLM/LPKC). Selain itu, terdapat aturan preferensi (soft constraint) berupa pemerataan beban mengajar guru per hari dan kontiguitas (keberurutan) jam mengajar agar tidak timbul jeda kosong. Pendekatan manual saat ini memakan waktu dua hingga tiga hari dan rentan terhadap human error yang mengharuskan pembongkaran ulang draf jadwal apabila ditemukan bentrok. Di samping itu, distribusi jadwal melalui grup WhatsApp menyulitkan guru dan siswa mencari jadwal spesifik di tengah tumpukan pesan.

Dalam literatur optimasi kombinatorial, penjadwalan mata pelajaran termasuk ke dalam kategori NP-hard problem (Siew et al., 2024). Penelitian terdahulu membuktikan bahwa Genetic Algorithm (GA) efektif menyelesaikan permasalahan penjadwalan akademik (Gifari & Tinambunan, 2026; Subang et al., 2024; Ulkarim et al., 2020), namun GA murni sering terjebak pada solusi lokal optimum (local optima) dan mengalami konvergensi prematur (Sumihar & Musdholifah, 2018). Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penggabungan eksplorasi global GA dengan eksploitasi lokal berbasis memori dari Tabu Search (TS) terbukti secara empiris mampu mempercepat konvergensi dan menghasilkan jadwal bebas bentrok yang lebih unggul dibandingkan metode tunggal (Amrulloh & Sela, 2021; Ariany et al., 2019; Boukedroun et al., 2023; Sanjay R & Rajan S, 2017). Di sisi lain, integrasi Large Language Model (LLM) menggunakan Gemini API pada platform Telegram terbukti efektif menyajikan layanan informasi akademik secara akurat dan responsif melalui bahasa alami (Brown et al., 2020; Muna et al., 2025; Qalimaturrahmah & Santoso, 2024; Saputra et al., 2024).

Penelitian ini mengisi kesenjangan studi terdahulu dengan menyatukan optimasi Hybrid GA-TS pada karakteristik spesifik SMK dan antarmuka chatbot LLM Telegram menggunakan stack modern React, Golang, dan PostgreSQL. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan algoritma Hybrid GA-TS untuk menghasilkan jadwal yang memenuhi seluruh hard constraint dan meminimalkan soft constraint, serta merancang bangun aplikasi web penjadwalan terintegrasi chatbot LLM via Telegram yang teruji secara fungsional dan matematis.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan metode pengembangan perangkat lunak Agile Scrum yang bersifat iteratif dan inkremental melalui siklus Product Backlog, Sprint Planning, Daily Development, Sprint Review, dan Sprint Retrospective (Gifari & Tinambunan, 2026). Tahapan pelaksanaan penelitian mencakup: (1) Identifikasi dan Analisis Kebutuhan Sistem melalui wawancara dengan Waka Kurikulum SMK BIM Jombang, (2) Perancangan Sistem menggunakan Unified Modeling Language (Use Case, Activity, Sequence, dan Class Diagram) serta wireframe (Khairunnisa & Voutama, 2024; Koç et al., 2021; Milutinović et al., 2024), (3) Pembangunan Aplikasi, serta (4) Pengujian dan Evaluasi. Kerangka konseptual sistem menggunakan model Input-Process-Output (IPO) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Konseptual (Input-Proses-Output)

Berdasarkan Gambar 1, aplikasi dikembangkan dengan arsitektur client-server yang memisahkan backend REST API berbasis bahasa Go/Golang (Donovan &

Kernighan, 2015) dengan frontend Single Page Application (SPA) berbasis React (Banks & Porcello, 2020) dan basis data PostgreSQL. Hak akses pengguna diamankan melalui mekanisme Role Based Access Control (RBAC) yang dibagi menjadi empat aktor: (1) Superadmin (Guru IT) yang memiliki kendali penuh atas manajemen pengguna, data master, konfigurasi parameter algoritma, eksekusi penjadwalan tunggal maupun batch, dan chatbot; (2) Admin (Waka Kurikulum) yang mengelola data master, mengeksekusi penjadwalan mode tunggal dengan parameter default, serta mengaktifkan jadwal; (3) Teacher (Dewan Guru) yang memiliki akses read-only untuk melihat dan mengekspor jadwal aktif seluruh kelas serta mengakses chatbot; dan (4) Student (Siswa) yang dapat melihat dan mengekspor jadwal kelasnya sendiri serta mengakses chatbot melalui Telegram.

Dalam tahap komputasi penjadwalan, data penugasan mengajar guru dan slot waktu harian dikodekan terlebih dahulu untuk efisiensi pemrosesan memori. Slot waktu diberi kode berformat HARI-SESI (contoh: MON-01 untuk Senin jam ke-1 hingga FRI-06 untuk Jumat jam ke-6). Satu kromosom merepresentasikan satu jadwal lengkap selama satu minggu, di mana setiap gen menyimpan kode slot waktu yang dialokasikan untuk satu sesi jam pelajaran dari suatu penugasan. Secara formal, vektor kromosom C dan panjang kromosom n didefinisikan pada Persamaan (1):

$$C=[g_1,g_2,g_3,\ldots g_n],\ n=\sum_{k=1}^{A} weekly_hour_k \quad (1)$$

Pada Persamaan (1), g_i adalah kode slot waktu untuk gen ke-i dan A adalah jumlah baris penugasan. Pada dataset SMK BIM Jombang terdapat A=230 baris penugasan dengan akumulasi beban mengajar sebanyak 876 jam per minggu, sehingga panjang kromosom tetap adalah n=876 gen.

Batasan penjadwalan dibagi menjadi aturan mutlak (hard constraint) yang tidak boleh dilanggar dan aturan preferensi (soft constraint) yang meminimalkan ketidaknyamanan jadwal (Erama & Wardoyo, 2014; Siew et al., 2024) sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. *Hard Constraint* dan *Soft Constraint* Penjadwalan

Kode	Aturan Batasan	Jenis	Sumber
HC-01	Tidak ada bentrok jadwal guru (1 guru = 1 kelas pada slot yang sama)	*Hard*	Wawancara Survei
HC-02	Tidak ada bentrok penggunaan ruangan	*Hard*	Wawancara Survei
HC-03	Penggabungan kelas teori XII KA–XII TLM dan XII APL–XII LPKC (1 slot, 1 guru)	*Hard*	Wawancara Survei
HC-04	PJOK wajib di jam ke-1 pada hari pelaksanaan	*Hard*	Wawancara Survei
SC-01	Pemerataan beban mengajar guru per hari kerja	*Soft*	Erama & Wardoyo (2014)
SC-02	Kontiguitas (keberurutan) jam mengajar	*Soft*	Erama & Wardoyo (2014)

Untuk mengukur kualitas solusi kandidat, digunakan fungsi fitness yang dirumuskan pada Persamaan (2):

$$F(C)=\frac{1}{1+\sum_{i=1}^{m}(w_h x H_i)+\sum_{j=1}^{n}(w_s x S_j)} \quad (2)$$

di mana F(C) adalah nilai fitness, H_i adalah jumlah pelanggaran hard constraint ke-i, S_j adalah jumlah pelanggaran soft constraint ke-j, w_h=100 adalah bobot penalti hard constraint, dan w_s=1 adalah bobot penalti soft constraint. Rasio bobot 100:1 diterapkan agar algoritma memprioritaskan penyelesaian hard constraint secara absolut hingga mencapai nilai optimal F(C)=1,000.

Proses optimasi menggabungkan eksplorasi global GA (Goldberg, 1989; Holland, 1992) melalui Tournament Selection (k=3), Single-Point Crossover (pertukaran segmen gen antarinduk setelah titik potong acak), dan Swap Mutation (penggantian slot gen terpilih dengan slot valid lain) dengan perbaikan lokal Tabu Search (Boukedroun et al., 2023). Pada setiap generasi, TS menelusuri ruang tetangga (neighborhood) dari individu terbaik melalui operasi swap move dan mencatat pergerakan ke dalam tabu list sepanjang tabu tenure untuk mencegah siklus berulang, kecuali jika memenuhi aspiration criterion. Proses iterasi berhenti apabila tercapai F(C)=1,000 , generasi maksimum terpenuhi, atau nilai fitness tidak meningkat selama 50 generasi berturut-turut. Konfigurasi parameter algoritma disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Algoritma *Hybrid* GA-TS

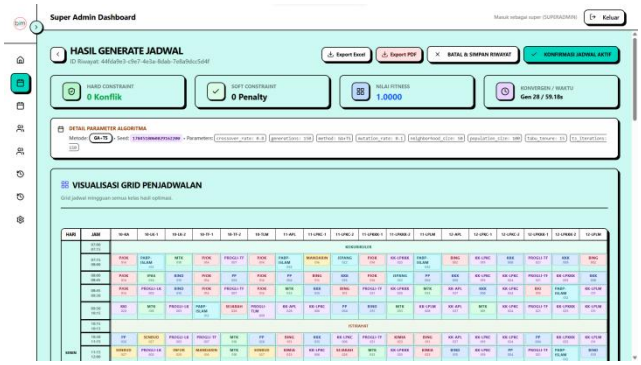
Parameter	Simbol	Nilai	Rujukan
Ukuran populasi	*pop_size*	876	Sumihar & Musdholifah (2018)
Generasi maksimum	*max_gen*	500	Sumihar & Musdholifah (2018)
Probabilitas *crossover*	P_c	0,8	Sumihar & Musdholifah (2018)
Probabilitas mutasi	P_m	0,1	Sumihar & Musdholifah (2018)
Metode seleksi	-	Tournament (k=3)	Sumihar & Musdholifah (2018)

 ISSN 3063-864X (E)

Penalti HC & SC	w_h, w_s	100 & 1	Siew et al. (2024)
Tabu tenure	-	7	Boukedroun et al. (2023)
Ukuran *neighborhood*	-	50	Amrulloh & Sela (2021)
Batas iterasi TS	-	200	Amrulloh & Sela (2021)

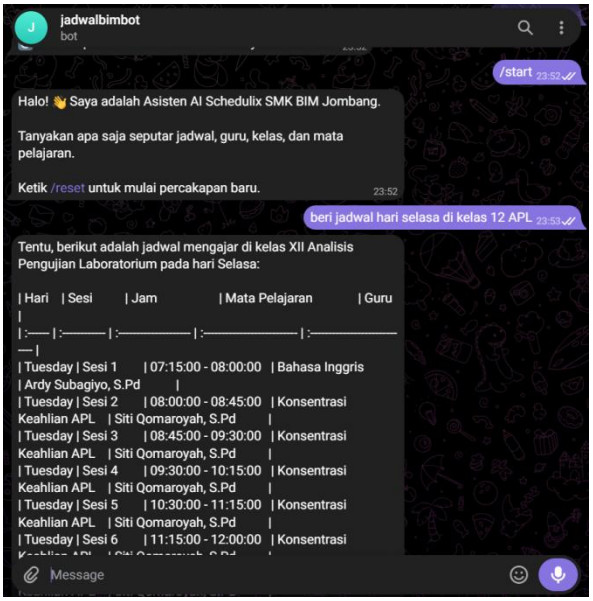
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Aplikasi web penjadwalan berhasil diimplementasikan menggunakan React, Golang, dan PostgreSQL pada perangkat uji berprosesor Intel Core i5 Generasi ke-12 dengan RAM 8 GB DDR4. Sistem menyediakan antarmuka pengelolaan 8 sub-modul Data Master (Semester, Murid, Guru, Mata Pelajaran, Kelas, Penugasan, Slot Waktu, dan Mapping Guru-Mapel), modul Pembuatan Jadwal Otomatis (mode tunggal dan batch), modul Riwayat Penjadwalan, serta modul Jadwal Aktif yang dilengkapi fitur filter dan ekspor ke format Excel (.xlsx) maupun PDF (.pdf). Sebelum algoritma dieksekusi, sistem menampilkan verifikasi kesiapan data penugasan untuk mencegah duplikasi atau kekosongan data. Setelah komputasi selesai, sistem menampilkan matriks jadwal mingguan seluruh kelas beserta metrik evaluasi (hard constraint, soft constraint, nilai fitness, generasi konvergensi, dan waktu komputasi) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Antarmuka Hasil Komputasi dan Visualisasi Grid Jadwal

Untuk mengatasi kendala distribusi informasi jadwal, fitur asisten virtual (chatbot) diintegrasikan melalui platform Telegram menggunakan mekanisme webhook pada backend Golang dan model bahasa Gemini API. Ketika guru atau siswa mengirimkan pertanyaan dalam bahasa alami melalui ruang percakapan Telegram, backend mengekstrak matriks Jadwal Aktif terbaru dari basis data PostgreSQL dan menyisipkannya langsung ke dalam system prompt melalui pendekatan in-context learning. Pendekatan ini memastikan jawaban yang dihasilkan model LLM selalu berpijak pada jadwal resmi yang sedang berlaku di sekolah tanpa memerlukan arsitektur retrieval tambahan. Tampilan interaksi chatbot di Telegram disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Antarmuka Interaksi Chatbot Penjadwalan di Telegram

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode Blackbox Testing (Ayuningtyas et al., 2023) untuk memverifikasi kesesuaian antara masukan dan keluaran sistem pada 34 skenario uji yang mewakili seluruh kebutuhan fungsional (KF-01 hingga KF-14). Ringkasan hasil pengujian Blackbox Testing disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Pengujian *Blackbox Testing*

Kode Uji	Modul	Jumlah Kasus Uji	Hasil
TC-01 – TC-04	Autentikasi Login & Validasi Akun	4	100% Berhasil
TC-05 – TC-09	Manajemen User & Proteksi RBAC	5	100% Berhasil
TC-10 – TC-18	Manajemen Data Master & Penugasan	9	100% Berhasil
TC-19 – TC-24	Komputasi Jadwal (Tunggal & *Batch*) & Aktivasi	6	100% Berhasil
TC-25 – TC-30	Visualisasi, Filter, & Ekspor Jadwal (Excel/PDF)	6	100% Berhasil
TC-31 – TC-34	Integrasi Chatbot LLM Telegram & *Logout*	4	100% Berhasil

Berdasarkan Tabel 4, seluruh 34 kasus uji menghasilkan status Berhasil (100% valid) tanpa ditemukan kegagalan sistem (system crash) maupun penyimpangan hak akses. Selanjutnya, evaluasi performa algoritma Hybrid GA-TS dilakukan dengan menjalankan fitur pembuatan jadwal batch sebanyak 10 kali percobaan menggunakan random seed yang berbeda pada masing-

 ISSN 3063-864X (E)

masing percobaan untuk menguji stabilitas konvergensi. Hasil pengujian dari 10 percobaan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Performa Algoritma *Hybrid* GA-TS (10 Percobaan)

Percobaan	*Random Seed*	*Fitness* Akhir	Pelanggaran HC	Pelanggaran SC	Generasi Konvergensi	Waktu (detik)
1	1784475129886348000	1,0000	0	0	53	426,83
2	1784476149388348700	1,0000	0	0	46	418,49
3	1784477008036586000	1,0000	0	0	58	120,63
4	1784477183296856600	1,0000	0	0	48	160,97
5	1784477183297819100	0,1429	3	0	11	345,97
6	1784477183298812700	1,0000	0	0	38	97,12
7	1784477183299878000	1,0000	0	0	75	176,12
8	1784477183300836900	1,0000	0	0	34	36,18
9	1784477183301878800	1,0000	0	0	27	87,99
10	1784477183302854700	1,0000	0	0	16	78,63
Rata-rata	-	0,9143	0,3	0	40,6	181,17

Berdasarkan Tabel 5, algoritma Hybrid GA-TS berhasil mencapai nilai fitness optimal sempurna (1,0000) dengan 0 pelanggaran hard constraint dan 0 pelanggaran soft constraint pada 9 dari 10 percobaan, menghasilkan rata-rata fitness akhir sebesar 0,9143, rata-rata generasi konvergensi ke-40,6, dan rata-rata waktu komputasi 181,17 detik (rentang 36,18 detik hingga 426,83 detik). Pada percobaan ke-5, algoritma berhenti pada fitness 0,1429 (menyisakan 3 pelanggaran HC) akibat inisialisasi acak populasi awal yang mengelompok pada ruang solusi buruk sehingga terjebak pada local optimum. Namun, mekanisme validasi aktivasi jadwal pada aplikasi web mencegah draf yang masih memiliki pelanggaran hard constraint untuk diaktifkan, sehingga Waka Kurikulum dapat memilih jadwal dari percobaan yang mencapai fitness 1,0000 sebagai Jadwal Aktif resmi. Hasil verifikasi kepatuhan Jadwal Aktif terhadap masing-masing batasan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Verifikasi Pemenuhan *Constraint* pada Jadwal Aktif

Kode	Aturan Batasan	Jenis	Status Pemenuhan
HC-01	Tidak ada bentrok jadwal guru (1 guru = 1 kelas pada slot yang sama)	*Hard*	Terpenuhi (0 pelanggaran)
HC-02	Tidak ada bentrok penggunaan ruangan	*Hard*	Terpenuhi (0 pelanggaran)
HC-03	Penggabungan kelas teori XII KA–XII TLM dan XII APL–XII LPKC (1 slot, 1 guru)	*Hard*	Terpenuhi (0 pelanggaran)
HC-04	PJOK wajib di jam ke-1 pada hari pelaksanaan	*Hard*	Terpenuhi (0 pelanggaran)
SC-01	Pemerataan beban mengajar guru per hari kerja	*Soft*	Terpenuhi
SC-02	Kontiguitas (keberurutan) jam mengajar	*Soft*	Terpenuhi

Merujuk pada Tabel 6, seluruh hard constraint (HC-01 hingga HC-04) dan soft constraint (SC-01 dan SC-02) pada Jadwal Aktif terpenuhi secara mutlak. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Boukedroun et al. (2023), Amrulloh & Sela (2021), Ariany et al. (2019), serta Sumihar & Musdholifah (2018) yang menyatakan bahwa peran Tabu Search sebagai local optimizer sangat efektif mengeliminasi sisa konflik pada kromosom terbaik hasil evolusi Genetic Algorithm. Dengan waktu komputasi rata-rata sekitar 3 menit (181,17 detik), sistem ini terbukti mampu memangkas waktu penyusunan jadwal manual yang sebelumnya memakan waktu 2–3 hari kerja.

KESIMPULAN

Implementasi algoritma Hybrid Genetic Algorithm (GA) dan Tabu Search (TS) pada sistem penjadwalan mata pelajaran di SMK Bakti Indonesia Medika (BIM) Jombang terbukti berhasil menghasilkan jadwal yang memenuhi seluruh batasan mutlak (hard constraint) dan meminimalkan pelanggaran preferensi (soft constraint). Berdasarkan 10 kali percobaan pengujian, algoritma mencapai nilai fitness sempurna 1,0000 pada 9 dari 10 percobaan (rata-rata fitness 0,9143) dengan rata-rata konvergensi pada generasi ke-40,6 dan rata-rata waktu komputasi 181,17 detik, menggantikan proses manual yang membutuhkan waktu 2 hingga 3 hari kerja.

Selain itu, rancang bangun aplikasi web berbasis React, Golang, dan PostgreSQL yang terintegrasi dengan chatbot berbasis Large Language Model (Gemini API) melalui Telegram telah memenuhi seluruh spesifikasi kebutuhan fungsional sistem. Hasil pengujian Blackbox Testing pada 34 skenario uji menunjukkan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh fitur. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menambahkan fitur alokasi ruangan dinamis (dynamic room allocation), modul penjadwalan insidental (guru pengganti dan jadwal ujian), serta eksperimen penerapan model LLM open-source

secara lokal (local deployment) guna menghindari ketergantungan kuota layanan API eksternal.

DAFTAR PUSTAKA

Amrulloh, A., & Sela, E. I. (2021). "Optimasi proses penjadwalan mata kuliah menggunakan algoritme genetika dan pencarian tabu", *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 9(3), Juni, 157–166. https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2021.14137

Ariany, F., Hermadi, I., & Buono, A. (2019). "Hybridization of Genetic Algorithm and Tabu Search in the Lecture Scheduling System (Case Study: Universitas Teknokrat Indonesia)", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 10(2), Februari, 768–773.

Ayuningtyas, P. K., Atmodjo, D. W. P., & Rachmadi, P. (2023). "Performance And Functional Testing With The Black Box Testing Method", *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 39(2), 212–218. https://doi.org/10.52155/ijpsat.v39.2.5471

Banks, A., & Porcello, E. (2020). *Learning React: Modern Patterns for Developing React Apps*. 2nd ed. O'Reilly Media, Sebastopol.

Boukedroun, M., Duvivier, D., Ait-El-Cadi, A., Poirriez, V., & Abbas, M. (2023). "A hybrid genetic algorithm for stochastic job-shop scheduling problems", *RAIRO - Operations Research*, 57(4), 1617–1645. https://doi.org/10.1051/ro/2023067

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., et al. (2020). "Language Models are Few-Shot Learners", *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 33, Desember, 1877–1901.

Donovan, A., & Kernighan, B. (2015). *The Go Programming Language*. 1st ed. Addison-Wesley Professional, New York.

Erama, R., & Wardoyo, R. (2014). "Modifikasi Algoritma Genetika untuk Penyelesaian Permasalahan Penjadwalan Pelajaran Sekolah", *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 10(1), Januari, 111–122. https://doi.org/10.22146/ijccs.6539

Gifari, A., & Tinambunan, M. H. (2026). "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Penjadwalan Mata Pelajaran Di SMA Negeri 7 Halmahera Selatan", *Jurnal Minfo Polgan*, 15(1), 81–85. https://doi.org/10.33395/jmp.v15i1.15846

Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. 1st ed. Addison-Wesley, Boston.

Holland, J. H. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. 2nd ed. MIT Press, Cambridge.

Khairunnisa, G., & Voutama, A. (2024). "Penerapan UML Dalam Perancangan Sistem Informasi Peminjaman Inventaris Berbasis Web Di BEM Fasilkom UNSIKA", *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), Juni, 2748–2755. https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9538

Koç, H., Erdoğan, A. M., Barjakly, Y., & Peker, S. (2021). "UML Diagrams in Software Engineering Research: A Systematic Literature Review." *The 7th International Management Information Systems Conference*. MDPI, Desember, 13. https://doi.org/10.3390/proceedings2021074013

Milutinović, J. S., Milić, P. O., & Vučetić, S. S. (2024). "Wireframe Modelling of Web Based Open Data Applications", *Scientific Publications of the State University of Novi Pazar Series A: Applied Mathematics, Informatics and Mechanics*, 16(2), 111–123. https://doi.org/10.46793/SPSUNP2402.111M

Muna, B. L., Sudianto, S., & Usman, M. L. L. (2025). "SiAkif-Bots: Gemini AI for Academic Service Chatbots", *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 6(2), 1237–1253. https://doi.org/10.37385/jaets.v6i2.6728

Qalimaturrahmah, M., & Santoso, D. B. (2024). "Aplikasi Layanan dan Informasi Akademik Berbasis Chatbot Telegram Menggunakan Natural Language Processing", *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 8(2), April, 434–443. https://doi.org/10.35870/jtik.v8i2.1887

Sanjay R, S., & Rajan S, B. (2017). "High School Timetabling Using Tabu Search and Partial Feasibility Preserving Genetic Algorithm", *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 10(3), Juni, 421–428.

Saputra, E. D., Harahap, N. S., Jasril, J., & Yusra, Y. (2024). "Question Answering Al-Qur'an Menggunakan Generative Pre-Trained Transformer 3.5 Berbasis Chatbot Telegram", *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 13(1), April, 550–561. https://doi.org/10.35889/jutisi.v13i1.1879

Siew, E. S. K., Sze, S. N., Goh, S. L., Kendall, G., Sabar, N. R., & Abdullah, S. (2024). "A Survey of Solution Methodologies for Exam Timetabling Problems", *IEEE Access*, 12, Maret, 41479–41498. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3378054

Subang, K. N., Balaba, E. I., & Agoylo Jr., J. C. (2024). "Optimizing Course Scheduling with Genetic Algorithms: A Dynamic Approach", *SAR Journal - Science and Research*, 7(4), Desember, 296–302. https://doi.org/10.18421/sar74-02

Sumihar, Y. P., & Musdholifah, A. (2018). "Kombinasi Algoritma Genetika dan Tabu List pada Kasus Penjadwalan Ujian (Studi Kasus: Universitas Kristen Immanuel)", *Berkala MIPA*, 25(3), September, 300–311.

Ulkarim, S., Asfi, M., & Putri, T. E. (2020). "Rancang Bangun Sistem Penjadwalan Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus: Universitas CIC)", *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan)*, 4(1), September, 22–31. https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v4i1.172