

**IMPLEMENTASI HYBRID ASSISTED GENETIC ALGORITHM  
DAN HILL CLIMBING UNTUK PENJADWALAN  
MATA PELAJARAN SEKOLAH DASAR**

**TUGAS AKHIR**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**DISUSUN OLEH:**  
**AULIA MIFTAH RAZAK**  
**NIM 22106050079**  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2026**

## HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-781/Un.02/DST/PP.00.9/05/2026

Tugas Akhir dengan judul : IMPLEMENTASI HYBRID ASSISTED GENETIC ALGORITHM DAN HILL CLIMBING UNTUK PENJADWALAN MATA PELAJARAN SEKOLAH DASAR

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AULIA MIFTAH RAZAK  
Nomor Induk Mahasiswa : 22106050079  
Telah diujikan pada : Rabu, 22 April 2026  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

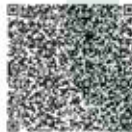
### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.  
SIGNED

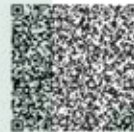
Valid ID: 6912a7028c29c



Penguji I

Prof. Dr. Ir. Shofwatul Uyun, S.T., M.Kom.,  
IPM., ASEAN Eng.  
SIGNED

Valid ID: 69e13944e1c9



Penguji II

Ir. Muhammad Didik Rohmad Wahyudi, S.T.,  
MT.  
SIGNED

Valid ID: 69116c46c3ea



Yogyakarta, 22 April 2026

UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardani, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 609580118c91

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aulia Miftah Razak  
NIM : 22106050079  
Program Studi : Informatika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul **“IMPLEMENTASI HYBRID ASSISTED GENETIC ALGORITHM DAN HILL CLIMBING UNTUK PENJADWALAN MATA PALAJARAN SEKOLAH DASAR”** merupakan penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan bukan plagiasi karya orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Informatika pada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Yogyakarta, 17 April 2026  
Yang membuat pernyataan,



Aulia Miftah Razak  
22106050079

## SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

## SURAT PERSETUJUAN TESIS / TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada  
Yth.  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga  
DI Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka saya selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Aulia Miftah Razak  
NIM : 22106050079  
Judul Skripsi : IMPLEMENTASI HYBRID ASSISTED GENETIC  
ALGORITHM DAN HILL CLIMBING UNTUK  
PENJADWALAN MATA PALAJARAN SEKOLAH DASAR

Sudah dapat diajukan kepada Program Studi Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Informatika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi / tugas akhir Saudara dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 17 April 2026

Dosen Pembimbing,

  
Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.

NIP. 19780106 200212 2 001

## **LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir ini tidak dipublikasikan, tetapi tersedia di perpustakaan dalam lingkungan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, diperkenankan dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun, dan harus menyebutkan sumbernya sesuai dengan kebiasaan ilmiah. Dokumen Tugas Akhir ini merupakan hak milik UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



## INTISARI

Penyusunan jadwal pelajaran merupakan permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks karena melibatkan berbagai keterbatasan sumber daya seperti guru, kelas, dan slot waktu yang harus dialokasikan secara simultan dengan memenuhi sejumlah batasan-batasan operasional. Kompleksitas tersebut semakin meningkat pada tingkat sekolah dasar akibat penerapan model guru kelas yang menciptakan ketergantungan antar mata pelajaran dalam satu kelas. Pendekatan penjadwalan manual sering menimbulkan konflik-konflik jadwal dan kesulitan dalam memverifikasi banyak batasan secara bersamaan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem penjadwalan otomatis berbasis web menggunakan pendekatan Hybrid Metaheuristics. Metode yang digunakan mengintegrasikan Evolutionary Assisted Genetic Algorithm (EAGA) sebagai mekanisme pencarian global dengan teknik Matrix Locking untuk membentuk populasi awal yang lebih dekat dengan solusi feasible, serta algoritma Hill Climbing sebagai optimasi lokal untuk memperbaiki kualitas struktur jadwal. Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan metodologi Extreme Programming. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan jadwal feasible dengan tingkat keberhasilan 100% tanpa pelanggaran *hard constraints*. Rata-rata waktu komputasi yang dibutuhkan adalah 10,97 detik pada ukuran populasi 40 individu. Integrasi algoritma Hill Climbing memberikan peningkatan kualitas solusi rata-rata sebesar 440 poin fitness dibandingkan hasil Genetic Algorithm murni melalui pengurangan fragmentasi-fragmentasi jadwal dan pembentukan blok-blok mata pelajaran yang lebih terstruktur. Evaluasi oleh tim kurikulum sekolah menunjukkan bahwa jadwal yang dihasilkan tidak hanya valid secara komputasional, tetapi juga layak digunakan dalam operasional sekolah.

Kata Kunci: Penjadwalan Otomatis, Genetic Algorithm, Hill Climbing, Hybrid Metaheuristics, Timetabling.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## ABSTRACT

*Timetable scheduling is a complex combinatorial optimization problem because it involves various resource constraints—such as teachers, classrooms, and time slots—that must be allocated simultaneously while satisfying a number of operational constraints. This complexity increases at the elementary school level due to the implementation of the homeroom teacher model, which creates dependencies between subjects within a single class. Manual scheduling approaches often result in schedule conflicts and difficulties in verifying multiple constraints simultaneously. This study aims to develop a web-based automatic scheduling system using a Hybrid Metaheuristics approach. The method integrates the Evolutionary Assisted Genetic Algorithm (EAGA) as a global search mechanism with the Matrix Locking technique to form an initial population closer to a feasible solution, as well as the Hill Climbing algorithm as a local optimization to improve the quality of the schedule structure. The system was developed using the Python programming language with the Extreme Programming methodology. Test results show that the system is capable of generating feasible schedules with a 100% success rate without violating hard constraints. The average computation time required is 10.97 seconds for a population size of 40 individuals. The integration of the Hill Climbing algorithm resulted in an average improvement in solution quality of 440 fitness points compared to the results of the pure Genetic Algorithm, achieved through the reduction of schedule fragmentation and the formation of more structured subject blocks. An evaluation by the school's curriculum team indicated that the generated schedules are not only computationally valid but also suitable for use in school operations.*

*Keywords: Automatic Scheduling, Genetic Algorithm, Hill Climbing, Hybrid Metaheuristics, Timetabling.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN MOTTO

لَهُ مَعْبُودَاتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ  
مَا بِقَوْمٍ حَتَّى يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ وَمَا لَهُمْ مِنْ دُونِهِ مِنْ وَالٍ  
(Q.S. Ar-Rad: 12)

"Jika kamu tidak mengambil risiko,  
kamu tidak dapat menciptakan masa depan."  
(Monkey D. Luffy)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur dan terima kasih kepada Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, saya persembahkan Tugas Akhir ini sebagai tanda penghormatan dan rasa cinta yang mendalam. Semoga karya ini dapat bermanfaat dan menjadi amal yang baik. Tugas Akhir ini saya persembahkan dengan penuh cinta dan hormat kepada:

1. Ibu, yang telah memberikan cinta dan kasih sayang, doa, dan dukungan yang tiada henti. sumber inspirasi dan motivasi dalam setiap langkah hidupku. Doa dan pengorbananmu adalah cahaya yang terus menyinari perjalanan hidupku.
2. Bapak, yang telah menjadi pilar penopang dalam hidupku. Dengan kebijaksanaan dan kesabaranmu, yang membimbingku melewati segala rintangan dan meraih keberhasilan. Doa dan pengorbananmu adalah cahaya yang terus menyinari perjalanan hidupku.
3. Kakak dan Adik, Naufal Faiz dan Dani Arsyad, yang selalu menjadi sumber semangat dan motivasi bagi saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Kepada diri sendiri yang telah bertahan dan berjuang melewati proses perjalanan ini. Terima kasih yang tak terhingga atas segala dukungan yang telah kalian berikan.

Semoga Allah senantiasa melimpahkan rahmat dan berkah-Nya, serta memberikan balasan terbaik untuk semua kebaikan yang telah diberikan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puja dan puji kepada Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Selawat serta salam teruntuk Baginda Nabi Muhammad saw. semoga umatnya mendapatkan syafa'at beliau di yaumul akhir kelak. Amin Ya Rabbal 'Alamin.

Adapun tujuan utama dalam pembuatan laporan ini adalah sebagai Tugas Akhir dengan judul **“IMPLEMENTASI HYBRID ASSISTED GENETIC ALGORITHM DAN HILL CLIMBING UNTUK PENJADWALAN MATA PALAJARAN SEKOLAH DASAR”**.

Tugas akhir ini membutuhkan banyak dedikasi di setiap tahapnya. Keberhasilan ini tidak mungkin dicapai tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing. Terima kasih atas arahan, waktu, dan ilmu yang sangat berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Prof. Noorhaidi Hasan S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen serta staf akademik UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan fasilitas selama masa perkuliahan.
4. Pimpinan, dewan guru, dan staf SD Muhammadiyah Lemahdadi yang bersedia menjadi mitra penelitian dan sangat kooperatif selama proses pengembangan sistem.
5. Bapak dan Ibuku tercinta. Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, dan pengorbanan tanpa batas yang telah diberikan agar penulis dapat menempuh pendidikan tinggi dengan lancar.
6. Kakak dan adik-adikku, Naufal Faiz Razzaq dan Dani Arsyad Razak, yang selalu menjadi motivasi dan memberikan semangat bagi penulis di rumah.
7. Keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan moral selama proses penyelesaian tugas akhir.
8. Untuk diri sendiri, Aulia Miftah Razak. Terima kasih telah berjuang, bertahan melewati keraguan, dan menyelesaikan tanggung jawab ini dengan baik.
9. Hanifah Winda Adella yang selalu setia mendampingi, memberikan semangat, dan menjadi pendengar yang baik dalam setiap proses penyusunan tugas akhir.

10. Teman-teman SC dan kawan-kawan tongkrongan yang selalu memberikan dukungan emosional, tawa, dan solidaritas di tengah penatnya perkuliahan.
11. Sahabat-sahabat di luar kampus yang selalu menemani dan berbagi cerita.
12. Rekan-rekan KKN 219 Bambanglipuro Bantul atas kebersamaan dan kenangan berharga selama masa pengabdian masyarakat.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun turut membantu kelancaran tugas akhir ini.

Penulis menyadari laporan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Penulis sangat menghargai kritik serta saran dari para pembaca demi bahan pertimbangan perbaikan pada penelitian selanjutnya.

Yogyakarta, 30 April 2026

Aulia Miftah Razak  
NIM. 22106050079

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR .....	iv
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR.....	v
INTISARI.....	vi
ABSTRACT .....	vii
HALAMAN MOTTO .....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL` .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR PERSAMAAN .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	7
1.5 Batasan Masalah .....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	9
2.1 Tinjauan Pustaka .....	9
2.1.1 Evolusi dari Manual ke Sistem Otomatis .....	10
2.1.2 Dinamika Penerapan Algoritma Genetika .....	12
2.1.3 Pergeseran Paradigma ke Hybrid Metaheuristics .....	13
2.1.4 Urgensi Implementasi Sistem Berbasis Web.....	15
2.1.5 Analisis Kesenjangan dan Kontribusi Penelitian.....	16
2.2 Landasan Teori.....	19
2.2.1 Metodologi Pengembangan Sistem (Extreme Programming).....	19
2.2.2 Algoritma Genetika ( <i>Genetic Algorithm</i> ).....	21
2.2.3 Formulasi Fungsi Objektif ( <i>Fitness Function</i> ) .....	23

2.2.4 Landasan Metode <i>Hybrid</i> ( <i>EAGA</i> dan <i>Hill Climbing</i> ).....	25
2.2.5 Teknologi Pengembangan Sistem (Python dan Streamlit).....	28
2.2.6 Manajemen Basis Data (SQLite).....	31
2.2.7 Karakteristik Masalah Penjadwalan Sekolah (Studi Kasus).....	33
<b>BAB III METODOLOGI PENGEMBANGAN SISTEM</b> .....	<b>36</b>
3.1 Metode Pengembangan Sistem Menggunakan Extreme Programming.....	36
3.2 Langkah-langkah Metodologi Pengembangan Sistem.....	37
3.2.1 Planning (Perencanaan).....	37
3.2.2 Design (Perancangan).....	38
3.2.3 Coding (Pengkodean).....	39
3.2.4 Testing (Pengujian).....	40
3.2.5 Release (Rilis).....	40
3.3 Tahapan Iterasi Pengembangan.....	42
3.4 Spesifikasi Aturan dan Struktur Data.....	44
3.5 Pemilihan Platform Sistem.....	47
3.6 Alat dan Bahan.....	49
3.6.1 Perangkat Keras.....	49
3.6.2 Perangkat Lunak.....	49
<b>BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM</b> .....	<b>51</b>
4.1 Implementasi Metodologi Extreme Programming (XP).....	51
4.1.1 Iterasi 1 – Fondasi Data dan Struktur Sistem.....	51
4.1.2 Iterasi 2–Implementasi Mesin Optimasi Dasar.....	56
4.1.3 Iterasi 3–Integrasi <i>Hybrid Optimization</i> .....	62
4.1.4 Iterasi 4–Rilis Antarmuka dan Fitur Operasional.....	66
4.2 Analisis Kebutuhan Sistem.....	71
4.2.1 Kebutuhan Fungsional.....	72
4.3 Implementasi Arsitektur dan Algoritma Sistem.....	73
4.3.2 Analisis Kompleksitas Komputasi.....	75
4.3.3 Estimasi Ruang Pencarian ( <i>Search Space</i> ).....	76
4.4 Implementasi Modul Sistem.....	77
4.4.1 Struktur Direktori Proyek.....	78
4.4.2 Representasi Struktur Solusi.....	78
4.6 Hasil Pengujian dan Evaluasi.....	80

4.6.1 Pengujian Stabilitas Sistem (Baseline) .....	80
4.6.2 Analisis Sensitivitas Parameter .....	83
4.6.3 Interpretasi Pedagogis Kualitas Jadwal .....	87
4.6.4 Evaluasi Kelayakan Operasional oleh Tim Kurikulum.....	88
4.7 Keunggulan Sistem dan Keterbatasan.....	89
4.7.1 Keunggulan Sistem.....	89
4.7.2 Evaluasi Keterbatasan.....	91
BAB V PENUTUP.....	93
5.1 Kesimpulan .....	93
5.2 Saran .....	94
DAFTAR PUSTAKA .....	97

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu .....	16
Tabel 2.2 Perbandingan Karakteristik Metode Optimasi.....	27
Tabel 3.1 Spesifikasi Batasan (Constraints) Sistem.....	44
Tabel 3.2 Perbandingan Desktop dan Web.....	48
Tabel 4.1 Spesifikasi Data Kelas .....	53
Tabel 4.2 Spesifikasi Data Guru .....	53
Tabel 4.3 Spesifikasi Data Guru .....	53
Tabel 4.4 Spesifikasi Alokasi Jam .....	54
Tabel 4.5 Hierarki Bobot Penalti .....	59
Tabel 4.6 Perbandingan Kualitas Solusi: GA vs Hybrid Optimization .....	63
Tabel 4.7 Pengujian Fungsional Sistem (Black Box) .....	70
Tabel 4.8 Representasi Irisan Kromosom Bentuk Matriks Jadwal (Kelas C1).....	78
Tabel 4.9. Hasil Eksperimen 5 Kali Running .....	80
Tabel 4.10. Statistik Performa Sistem (Baseline) .....	81
Tabel 4.11. Perbandingan Pengaruh Laju Mutasi Terhadap Kualitas Solusi.....	83
Tabel 4.12. Analisis Trade-Off Ukuran Populasi Terhadap Waktu Komputasi ...	85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Optimasi Hybrid EAGA dan Hill Climbing .....	27
Gambar 2.2 Arsitektur Sistem Penjadwalan Berbasis Web .....	30
Gambar 3.1 Siklus Pengembangan Extreme Programming [19]) .....	37
Gambar 3.2 Arsitektur Optimasi Hybrid EAGA dan Hill Climbing .....	39
Gambar 3.3 Hierarki Batasan dan Aturan Sistem .....	45
Gambar 3.4 Struktur Konfigurasi JSON untuk Constraints.....	46
Gambar 4.1 Siklus Pengembangan Extreme Programming .....	52
Gambar 4.2 Peningkatan Kualitas Solusi: GA Murni vs Hybrid Optimization....	64
Gambar 4.3 Struktur Jadwal Hasil Genetic Algorithm Murni .....	64
Gambar 4.4 Struktur Jadwal Hasil Hybrid Optimization (GA + Hill Climbing)..	65
Gambar 4.5 Tampilan Dashboard Utama dan Panel Riwayat Sistem.....	68
Gambar 4.6 Tampilan Dashboard Utama dan Panel Riwayat Sistem.....	69
Gambar 4.7 Panel Analisis Eksperimen dan Grafik Konvergensi .....	69
Gambar 4.8 Siklus Pengembangan Extreme Programming .....	78
Gambar 4.9 Screenshot log sistem Run 1 .....	81
Gambar 4.10 Kurva Konvergensi Nilai Fitness .....	84
Gambar 4.11 Grafik Trade-Off Waktu Komputasi Terhadap Ukuran Populasi ...	86
Gambar 4.12 Tampilan Jadwal Akhir Hasil Optimasi Sistem .....	89

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1).....	23
Persamaan (4.1) .....	57
Persamaan (4.2).....	58



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Validasi Placeholder.....	103
Lampiran 2. Code Hybrid Genetic Algorithm .....	106
Lampiran 3. Tampilan Sistem.....	113
Lampiran 4. Grafik Analisa GA.....	114



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penyusunan jadwal pelajaran merupakan permasalahan optimasi kombinatorial yang memiliki implikasi langsung terhadap efisiensi operasional institusi pendidikan, distribusi beban kerja tenaga pengajar, serta kualitas proses pembelajaran secara keseluruhan. Dalam perspektif ilmu komputasi, permasalahan ini dikenal sebagai *timetabling problem* yang termasuk dalam kelas permasalahan NP-Hard, sehingga waktu pencarian solusi meningkat secara eksponensial seiring bertambahnya jumlah variabel seperti guru, kelas, mata pelajaran, dan slot waktu. Kompleksitas tersebut menyebabkan metode pencarian deterministik menjadi tidak efisien ketika skala sistem bertambah besar dan jumlah batasan semakin banyak. Siew (Siew et al., 2024) dalam survei metodologinya menegaskan bahwa semakin kompleks constraint yang diterapkan, pendekatan manual semakin rentan menghasilkan konflik tersembunyi dan kesalahan alokasi sumber daya. Oleh karena itu, otomatisasi berbasis algoritma menjadi pendekatan yang paling feasible untuk menangani permasalahan penjadwalan pada institusi pendidikan modern. Permasalahan ini menjadi semakin krusial karena jadwal yang tidak optimal dapat berdampak langsung pada kualitas pengalaman belajar siswa serta stabilitas kegiatan akademik.

Pada konteks sekolah dasar, sistem penjadwalan memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dibandingkan jenjang pendidikan lainnya karena adanya

penerapan model guru kelas. Model ini merujuk pada sistem di mana seorang wali kelas mengampu beberapa mata pelajaran dalam satu kelas secara terintegrasi, sementara beberapa mata pelajaran tertentu seperti PJOK, Bahasa Inggris, atau Pendidikan Agama diajarkan oleh guru mata pelajaran yang berpindah antar kelas. Pola tersebut menciptakan konfigurasi constraint yang saling bergantung sehingga tidak dapat dimodelkan secara sederhana menggunakan asumsi satu guru mengajar satu kelas pada satu slot waktu. Struktur jadwal yang kaku ini memerlukan perancangan algoritma yang mampu menjaga keseimbangan beban mengajar tanpa menciptakan konflik penggunaan sumber daya (Saltos & Maldonado, 2023). Kompleksitas ini semakin meningkat ketika sekolah menerapkan jadwal paralel dan penggabungan kelas pada mata pelajaran tertentu. Oleh karena itu, model konflik harus dikonstruksi secara kontekstual sesuai kebijakan institusi, bukan berdasarkan asumsi generik yang berpotensi menghasilkan penalti semu. Dengan karakteristik tersebut, sistem penjadwalan di tingkat sekolah dasar memerlukan pendekatan optimasi yang adaptif dan terstruktur.

Pada konteks SD Muhammadiyah Lemahdadi, proses penyusunan jadwal masih dilakukan secara semi-manual menggunakan Microsoft Excel dengan validasi visual oleh Tim Kurikulum. Proses ini memerlukan peninjauan berulang setiap kali terjadi perubahan data guru atau struktur kelas, sehingga meningkatkan beban administratif secara signifikan. Risiko *human error* cukup tinggi, terutama dalam mendeteksi bentrok guru lintas kelas dan ketidakseimbangan distribusi jam mengajar. Pendekatan manual dalam sistem

kompleks cenderung menghasilkan solusi suboptimal karena keterbatasan kapasitas kognitif manusia dalam memverifikasi banyak *constraint* secara simultan. Hal ini sejalan dengan penelitian Liyan dkk (Liyan et al., 2024) yang membuktikan bahwa metode manual memiliki keterbatasan dalam aspek akurasi dan efisiensi waktu dibandingkan pendekatan otomatis berbasis algoritma. Ketika konflik tidak terdeteksi sejak awal, dampaknya dapat mengganggu stabilitas pembelajaran dan menurunkan efektivitas pengelolaan waktu secara keseluruhan. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk mentransformasikan proses penjadwalan menjadi sistem yang lebih otomatis, sistematis, terukur, dan berbasis komputasi.

Dalam literatur optimasi, Algoritma Genetika (GA) dikenal sebagai metode metaheuristik yang efektif untuk mengeksplorasi ruang solusi berdimensi besar melalui mekanisme evolusi populasi. Keunggulan GA terletak pada kemampuannya melakukan pencarian global tanpa harus mengevaluasi seluruh kombinasi solusi secara eksplisit. Namun demikian, efektivitas GA sangat dipengaruhi oleh kualitas populasi awal serta desain fungsi *fitness* yang digunakan dalam proses evaluasi. Studi oleh Mahlous (Mahlous & Mahlous, 2023) menunjukkan bahwa inisialisasi acak dapat menyebabkan algoritma memulai pencarian dari solusi yang sangat jauh dari wilayah *feasible*, sehingga memperlambat konvergensi dan meningkatkan risiko *premature convergence*. Selain itu, GA murni cenderung menghasilkan jadwal yang valid tetapi terfragmentasi apabila tidak dilengkapi mekanisme perbaikan lokal yang memadai (Cornei & Mihaela-Elena, 2026). Kondisi ini

menunjukkan bahwa penggunaan GA standar belum tentu menghasilkan kualitas jadwal yang optimal dalam konteks *constraint* yang kompleks dan saling bergantung.

Untuk menjawab keterbatasan tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan *Hybrid Metaheuristics* yang memisahkan proses optimasi ke dalam dua fase terstruktur. Fase pertama menerapkan *Hybrid Evolutionary Assisted Genetic Algorithm* (Hybrid EAGA) untuk membentuk populasi awal yang lebih matang melalui pencarian evolusioner sederhana sebelum masuk ke siklus genetika utama, sebagaimana diadaptasi dari konsep (Roeva et al., 2024). Strategi ini bertujuan mengurangi risiko konvergensi dini dan mempercepat pencapaian solusi yang bebas bentrok. Fase kedua menggunakan algoritma *Hill Climbing* sebagai mekanisme optimasi lokal untuk memperbaiki fragmentasi jadwal melalui pengurangan *window time* serta pembentukan blok mata pelajaran yang berurutan (*subject blocking*) tanpa melanggar *hard constraints* yang telah terpenuhi. Integrasi eksplorasi global dan eksploitasi lokal ini terbukti mampu meningkatkan stabilitas serta kualitas solusi pada masalah penjadwalan kompleks (Ranolo et al., 2025). Sistem kemudian dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web dengan menggunakan metodologi pengembangan perangkat lunak Extreme Programming (XP) untuk mendukung proses iterasi pengembangan yang fleksibel. Secara konseptual, pemisahan fase validasi global dan perbaikan lokal ini memastikan bahwa validitas jadwal dicapai sebagai prioritas absolut sebelum dilakukan optimasi kualitas, sehingga risiko degradasi solusi *feasible* akibat eksplorasi lokal dapat

dihindari secara sistematis. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem penjadwalan otomatis berbasis optimasi *hybrid* yang mampu menghasilkan jadwal feasible, yaitu jadwal yang memenuhi seluruh hard constraint tanpa konflik sumber daya, sekaligus berkualitas secara operasional. Selain aspek teknis dan efisiensi operasional, pengembangan sistem penjadwalan ini juga selaras dengan nilai integrasi interkoneksi dalam pendidikan. Optimalisasi jadwal pembelajaran berkontribusi pada terciptanya proses belajar yang lebih tertib, adil, dan terstruktur, sehingga mendukung pemeliharaan kualitas intelektual peserta didik (*hifzh al-'aql*) melalui distribusi waktu belajar yang proporsional. Dengan demikian, sistem yang dibangun tidak hanya berorientasi pada penyelesaian masalah komputasional, tetapi juga mendukung nilai etis dalam pengelolaan pendidikan yang efektif dan berkelanjutan. Meskipun pendekatan musyawarah manual masih digunakan dalam praktik penyusunan jadwal di sekolah, metode tersebut memiliki keterbatasan signifikan dalam menangani kompleksitas constraint yang meningkat. Proses validasi yang bergantung pada pemeriksaan visual tidak menjamin deteksi konflik secara menyeluruh, terutama pada skenario dengan banyak variabel yang saling bergantung. Oleh karena itu, diperlukan sistem berbasis komputasi yang mampu melakukan evaluasi constraint secara sistematis dan konsisten untuk menghasilkan jadwal yang optimal dan bebas konflik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana membangun aplikasi penjadwalan di SD Muhammadiyah Lemahdadi yang dapat menangani aturan wajib (*hard constraints*) sekolah dasar?
- b. Bagaimana merancang mekanisme *Hybrid EAGA* untuk menghasilkan populasi awal yang lebih dekat dengan solusi *feasible*?
- c. Bagaimana mekanisme algoritma *Hill Climbing* dalam merapikan jadwal (*defragmentation*) yang dihasilkan oleh Algoritma Genetika?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

- a. Menghasilkan perangkat lunak penjadwalan otomatis berbasis *web* yang membantu Tim Kurikulum SD Muhammadiyah Lemahdadi menyusun jadwal bebas bentrok.
- b. Mengimplementasikan metode *Hybrid EAGA* untuk memperbaiki proses inisialisasi Algoritma Genetika agar solusi jadwal dapat ditemukan dengan iterasi yang lebih sedikit.
- c. Menerapkan algoritma *Hill Climbing* sebagai tahap optimasi akhir untuk meminimalkan jam kosong dan menyusun mata pelajaran secara berurutan.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

- a. Bagi Sekolah: Menyediakan alat bantu yang mempercepat proses pembuatan jadwal dan menghilangkan kesalahan manusia (*human error*) seperti bentrok jadwal.
- b. Bagi Tim Kurikulum / Pengelola Jadwal: Memudahkan pengelolaan data guru dan mata pelajaran melalui antarmuka sistem yang responsif dan mudah dipahami.
- c. Bagi Pengembangan Ilmu: Menunjukkan penerapan praktis dari penggabungan algoritma evolusioner dan pencarian lokal (*Hybrid*) untuk kasus nyata di sekolah dasar.

#### 1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian tetap fokus pada jalur Profesional Sistem Cerdas, batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Objek Penelitian: Studi kasus dilakukan pada SD Muhammadiyah Lemahdadi dengan fokus pada kebutuhan penjadwalan tingkat sekolah dasar.
2. Ruang Lingkup Penjadwalan: Sistem hanya mengakomodasi penyusunan jadwal pelajaran reguler (*intrakurikuler*) dalam satu semester. Sistem tidak mencakup penjadwalan kegiatan non-reguler seperti ekstrakurikuler, kegiatan insidental, ujian, maupun penjadwalan dinamis harian.
3. Metode Algoritma: Penelitian difokuskan pada implementasi metode *Hybrid Evolutionary Assisted Genetic Algorithm (EAGA)* untuk

menghasilkan solusi jadwal yang valid, serta algoritma *Hill Climbing* (tipe *First-Improvement*) untuk meningkatkan kualitas struktur jadwal.

4. Metode Pengembangan: Sistem dikembangkan menggunakan model *Extreme Programming (XP)* yang meliputi tahapan *Planning*, *Design*, *Coding*, dan *Testing* secara iteratif.
5. Teknologi: Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Streamlit sebagai antarmuka pengguna.
6. Luaran Sistem: Sistem menghasilkan jadwal pelajaran reguler yang siap digunakan dalam operasional sekolah serta dapat diekspor ke dalam format Microsoft Excel.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem yang telah dilakukan, penelitian ini berhasil mengembangkan sistem penjadwalan otomatis berbasis web dengan pendekatan *Hybrid Evolutionary Assisted Genetic Algorithm* (EAGA) dan *Hill Climbing* yang mampu menyelesaikan permasalahan penjadwalan pada tingkat sekolah dasar secara efektif dan sistematis. Sistem yang dibangun mampu menghasilkan jadwal yang memenuhi seluruh *hard constraints* tanpa konflik dengan tingkat keberhasilan mencapai 100% pada seluruh skenario pengujian, sehingga menunjukkan bahwa validitas solusi dapat dijamin secara konsisten. Selain itu, integrasi algoritma *Hill Climbing* sebagai fase optimasi lokal terbukti memberikan peningkatan kualitas solusi dengan rata-rata kenaikan sebesar 440 poin nilai *fitness* dibandingkan pendekatan *Genetic Algorithm* murni. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa pendekatan hybrid tidak hanya berfungsi dalam menemukan solusi feasible, tetapi juga dalam memperbaiki struktur jadwal melalui pengurangan fragmentasi dan pembentukan blok pembelajaran yang lebih terorganisasi. Dengan demikian, kombinasi eksplorasi global dan eksploitasi lokal dalam arsitektur hybrid mampu memberikan keseimbangan yang optimal dalam pencarian solusi pada ruang masalah yang kompleks.

Dari sisi performa komputasi, sistem mampu menyelesaikan proses optimasi dalam waktu rata-rata 10,97 detik dengan konfigurasi populasi

sebanyak 40 individu dan 100 generasi, yang menunjukkan bahwa pendekatan yang digunakan memiliki efisiensi yang memadai untuk diterapkan dalam konteks operasional sekolah. Hasil ini menunjukkan bahwa kompleksitas algoritma masih berada dalam batas yang dapat ditoleransi tanpa mengorbankan kualitas solusi yang dihasilkan. Dari aspek implementasi, penggunaan platform berbasis web dengan framework *Streamlit* memungkinkan integrasi yang efektif antara antarmuka pengguna dan proses komputasi dalam satu lingkungan pengembangan yang terpadu. Meskipun sistem saat ini dioperasikan dalam skenario *single-user* secara lokal, arsitektur yang dirancang telah mempertimbangkan prinsip modularitas dan skalabilitas sehingga memungkinkan pengembangan lebih lanjut menuju sistem terpusat dan multi-pengguna. Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya menghasilkan solusi teknis yang aplikatif, tetapi juga memberikan kontribusi pada pengembangan metode optimasi hybrid yang terstruktur untuk permasalahan penjadwalan dengan kompleksitas tinggi. Oleh karena itu, pendekatan yang diusulkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem penjadwalan serupa pada konteks yang lebih luas.

## 5.2 Saran

Meskipun sistem yang dikembangkan telah menunjukkan kinerja yang optimal dalam konteks penelitian, masih terdapat sejumlah keterbatasan yang membuka peluang pengembangan lebih lanjut. Penelitian ini masih terbatas pada satu studi kasus dengan jumlah kelas dan kompleksitas *constraint* yang relatif terkontrol, sehingga penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji

sistem pada skala yang lebih besar dengan variasi kebutuhan yang lebih dinamis, seperti preferensi guru, perubahan jadwal mendadak, dan distribusi beban mengajar yang lebih kompleks. Pengujian pada skala yang lebih luas ini penting untuk mengevaluasi skalabilitas dan *robustness* dari arsitektur *Hybrid EAGA* dan *Hill Climbing* dalam menghadapi ruang solusi yang lebih besar dan tidak terstruktur. Selain itu, sistem yang saat ini masih beroperasi dalam skenario *single-user* dengan data statis perlu dikembangkan menuju sistem *multi-user* berbasis basis data terpusat yang memungkinkan pengelolaan jadwal secara kolaboratif dan *real-time*. Pengembangan ini akan meningkatkan relevansi sistem dalam konteks operasional sekolah yang sesungguhnya, di mana proses penjadwalan sering melibatkan banyak pihak dengan kebutuhan yang berubah-ubah. Dengan demikian, arah pengembangan selanjutnya perlu difokuskan pada peningkatan kapasitas sistem dalam menangani kompleksitas dan dinamika lingkungan nyata.

Dari sisi metodologi dan algoritma, penelitian ini masih menggunakan konfigurasi parameter yang bersifat statis, sehingga terdapat peluang untuk meningkatkan performa sistem melalui pendekatan yang lebih adaptif. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi penerapan *adaptive parameter tuning* untuk menyesuaikan parameter algoritma secara dinamis selama proses optimasi berlangsung. Selain itu, integrasi dengan metode optimasi lain seperti *Simulated Annealing* atau *Tabu Search* dapat dipertimbangkan untuk memperkaya strategi eksplorasi dan eksploitasi dalam ruang solusi yang lebih kompleks. Dari aspek sistem, pengembangan antarmuka pengguna juga perlu

ditingkatkan dengan menambahkan fitur manajemen data secara langsung dalam sistem, sehingga tidak lagi bergantung pada proses *preprocessing* eksternal. Integrasi dengan sistem akademik sekolah, seperti sistem informasi siswa dan guru, dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan utilisasi dan keberterimaan sistem dalam praktik operasional. Pengembangan ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi penggunaan sistem, tetapi juga memperluas cakupan implementasi dalam ekosistem digital sekolah. Oleh karena itu, penelitian ini dapat menjadi fondasi awal untuk pengembangan sistem penjadwalan yang lebih adaptif, terintegrasi, dan siap diimplementasikan pada skala yang lebih luas.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahlström, K. (2025). *Adapting SQLite to the Distributed Edge : A Comparative Study of Different Adaptations Bachelor 's Thesis Kalle Ahlström*.
- Candra, A. P. (2025). *Analisis Data Menggunakan Python : Memperkenalkan Pandas dan NumPy*. 3(1), 11–16.
- Chen, Y., Bayanati, M., Ebrahimi, M., & Khalijian, S. (2022). A Novel Optimization Approach for Educational Class Scheduling with considering the Students and Teachers' Preferences. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5505631>
- Cheng, C. C., & Smith, S. F. (1997). Applying constraint satisfaction techniques to job shop scheduling. *Annals of Operations Research*, 70(January), 327–357. <https://doi.org/10.1023/a:1018934507395>
- Cornei, L.-M., & Mihaela-Elena. (2026). Enhancing Genetic Algorithms with Graph. *Applications of Evolutionary Computation*, 1–16.
- Erike, A. I., Alameziem, M. C., Elei, F. O., Ovwonuri, A. O., & Nwandu, I. C. (2025). *A Comparative Performance Evaluation of SQLite , MySQL , and Firebase for Modern Application Development Using a Parallel Execution Approach Corresponding author : Email : azubuike.erike@futo.edu.ng*. 5(4), 2933–2944.
- Irfan, M., Lubis, M., & Masruro, Z. (2022). Implementation of Genetic Algorithm for Subject Scheduling at SD Taman Cahya Pematangsiantar. *JOMLAI: Journal of Machine Learning and Artificial Intelligence*, 1(2), 2828–9099. <https://doi.org/10.55123/jomlai.v1i2.940>
- Kaur, J., & Attri, V. K. (2025). *The versatility of python : Applications in diverse fields*. 14(December 2024), 95–98.
- Liyan, S., Kriestanto, D., Ramadhan, A., Haries, M., & Lukman, L. (2024). Lecture Scheduling Using Genetic Algorithm Method. *Journal of Intelligent Software Systems*, 3(2), 7. <https://doi.org/10.26798/jiss.v3i2.1501>
- Mahlous, A. R., & Mahlous, H. (2023). Student timetabling genetic algorithm accounting for student preferences. *PeerJ Computer Science*, 9, 1–32. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1200>
- Meutia, N. S., Putri, R., & Budiarti, N. (2025). *Optimizing Course Scheduling Efficiency through Genetic Algorithms*. 4474(79), 1–11.
- Minton, S., Johnston, M. D., Philips, A. B., & Laird, P. (1992). An Extended Abstract: A Heuristic Repair Method for Constraint-Satisfaction and Scheduling Problems. *AAAI Spring Symposium - Technical Report, SS-92-*

01, 126–130.

- Mutasar, M., & Hasdyna, N. (2024). Implementation of Genetic Algorithms in the Course Scheduling Information System at the Faculty of Computer and Multimedia UNIKI. *Jurnal Elektronika Dan Teknologi Informasi*, 5(1), 21–27. <https://www.researchgate.net/publication/382828779>
- Nekoueian, R., Servranckx, T., & Vanhoucke, M. (2025). A dynamic learning-based genetic algorithm for scheduling resource-constrained projects with alternative subgraphs. *Applied Soft Computing*, 180(April), 113316. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2025.113316>
- Nugroho, A. K., Permadi, I., & Yasifa, A. R. (2022). *OPTIMIZING COURSE SCHEDULING FACULTY OF ENGINEERING UNSOED USING GENETIC ALGORITHMS*. 7(2), 91–98. <https://doi.org/10.33480/jitk.v7i2.2262>
- Ranolo, E., Gorro, K., Anthony, P., Abella, G., Roble, L., Santillan, R. N., Ilano, A., Ociones, B., Vasquez, R., Balijon, D., Sr, D. A., Campita, R. A., & Angco, R. J. (2025). *A Hybrid Approach to Automatic Timetabling Using Self-Organizing Maps , Secure Convex Dominating Sets , and Metaheuristics*. 16(8).
- Respati, R. W., & Ramadhani, D. (2025). Optimizing Lecture Scheduling Using Genetic Algorithm: A Case Study at Universitas Riau. *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, 8(2), 220–232. <https://doi.org/10.31258/ijeepse.8.2.220-232>
- Riani, I. (2024). *Implementasi Metode Extreme Programming dalam Sistem Informasi Manajemen Pemesanan Barang Online*. 3, 17–23.
- Rjoub, A. (2020). *Courses timetabling based on hill climbing algorithm*. 10(6), 6558–6573. <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i6.pp6558-6573>
- Roeva, O., Zoteva, D., Roeva, G., Ignatova, M., & Lyubenova, V. (2024). *An Effective Hybrid Metaheuristic Approach Based on the Genetic Algorithm*. 1–15.
- Saltos, R., & Maldonado, S. (2023). *INFORMS Transactions on Education Case Article — School Timetabling Problem : A Scheduling Problem for High-School Institutions School Timetabling Problem : A Scheduling Problem for High-School Institutions*. February 2026.
- Saoiabi, F., Elasri, C., Kharmoum, N., & Ziti, S. (2025). *Agile Software Engineering : A Comprehensive Bibliometric Analysis*. 52(8), 2769–2791.
- 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(March), 41479–41498.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3378054>

Sihombing, D. J. C. (2023). *Agile Transformation in Real Estate : A Case Study of Extreme Programming Adoption for Vendor Management*. 13(03), 735–743.

Thompson, A. (2023). *Honours course timetabling and classroom assignment*. 39(2), 175–193.

Wicaksono, F., & Putra, B. P. (2021). Using genetic algorithms. *C/C++ Users Journal*, 20(6), 35–45.

