

IMPLEMENTASI GENETIC ALGORITHM UNTUK OPTIMASI JADWAL PELAJARAN DI SMA NEGERI 1 BUNGKU SELATAN DENGAN BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON

Nuranisa^{*1}, Cakra², Samsuddin³

^{1,2,3}Sistem Komputer, Komputerisasi Akuntansi, STMIK Catur Sakti Kendari

email: ¹syuhadatullahanisa@gmail.com, ²ctjantong@gmail.com, ³sam.akademik25@gmail.com

Penjadwalan pelajaran merupakan salah satu aktivitas administratif yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi karena melibatkan keterbatasan jam belajar, jumlah guru, alokasi mata pelajaran, serta kapasitas ruang kelas. SMA Negeri 1 Bungku Selatan masih menggunakan metode manual dalam penyusunan jadwal pelajaran. Hal ini sering mengakibatkan ketidakefisienan, seperti terjadinya benturan jam mengajar dan distribusi beban yang tidak seimbang. Penelitian ini mengimplementasikan Genetic Algorithm (GA) sebagai pendekatan komputasi evolusioner untuk mengoptimalkan penyusunan jadwal. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi algoritma menggunakan Python, serta pengujian performa hasil jadwal. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi dari pihak sekolah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa GA mampu menghasilkan jadwal yang valid sesuai aturan sekolah, bebas konflik antar guru dan mata pelajaran, serta memberikan distribusi beban yang lebih adil. Algoritma ini dapat mencapai hasil optimal dalam kurang dari 100 generasi dengan waktu eksekusi rata-rata di bawah satu menit.

Kata Kunci—Genetic Algorithm, Optimasi Jadwal, Penjadwalan Otomatis, Python.

I. PENDAHULUAN

Penyusunan jadwal pelajaran adalah kegiatan rutin di sekolah yang terlihat sederhana, namun sesungguhnya merupakan permasalahan kombinatorial yang rumit [1]. Permasalahan tersebut muncul karena keterlibatan berbagai variabel, antara lain jumlah guru, jumlah mata pelajaran, alokasi jam pelajaran, dan keterbatasan ruang [2].

Jika penjadwalan dilakukan secara manual, sering terjadi benturan antara jadwal guru, jam pelajaran, maupun kelas, sehingga mengganggu efektivitas proses belajar. Hal ini dialami SMA Negeri 1 Bungku Selatan, di mana pembuatan jadwal masih dilakukan secara tradisional. Akibatnya, penyusunan jadwal membutuhkan waktu lama, rawan kesalahan, dan distribusi beban guru

kurang merata [3].

Pemanfaatan bahasa pemrograman Python dengan dukungan berbagai pustaka memungkinkan penerapan algoritma optimasi jadwal dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan fleksibel [4]. Python dipilih karena kemampuannya dalam mengelola data serta mendukung penerapan berbagai metode komputasi. Di SMA Negeri 1 Bungku Selatan, yang memiliki 478 siswa, 17 ruang kelas, dan 28 guru, penyusunan jadwal pelajaran menjadi tantangan kompleks. Kompleksitas tersebut muncul akibat kebutuhan untuk menyeimbangkan alokasi waktu guru, pemanfaatan ruang kelas, serta distribusi waktu pelajaran agar tidak terjadi benturan jadwal [5].

Genetic Algorithm (GA) merupakan metode optimasi yang meniru proses evolusi biologis melalui seleksi, crossover, dan mutasi untuk mencari solusi terbaik dari berbagai kemungkinan jadwal [6], [7]. Algoritma ini dimulai dengan pembangkitan populasi jadwal acak, lalu mengevaluasinya menggunakan fungsi fitness yang menilai aspek penting seperti pencegahan bentrokan, pemanfaatan sumber daya, dan pemerataan jam pelajaran. Kualitas hasil penjadwalan ditunjukkan oleh jumlah konflik yang semakin sedikit, sehingga jadwal dengan konflik minimal dianggap paling optimal [8], [9].

Genetic Algorithm (GA) merupakan algoritma evolusi yang terinspirasi dari proses seleksi alam [10]. GA mampu menghasilkan solusi yang mendekati optimal melalui mekanisme pembangkitan populasi awal, evaluasi fitness, seleksi individu terbaik, serta operasi crossover dan mutasi [11]. GA terbukti efektif digunakan dalam berbagai masalah optimasi, termasuk penjadwalan kuliah, penjadwalan industri, dan alokasi sumber daya [12], [13].

Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan GA untuk menyusun jadwal pelajaran di SMA Negeri 1 Bungku Selatan menggunakan bahasa Python. Harapannya, sistem yang dihasilkan dapat membantu pihak sekolah menghasilkan jadwal yang lebih cepat, akurat, dan efisien dibandingkan metode manual.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Bungku Selatan sebagai lokasi studi kasus. Objek penelitian mencakup seluruh komponen yang terkait dengan penyusunan jadwal pelajaran, meliputi data 28 orang guru beserta mata pelajaran yang diampu, 17 ruang kelas yang digunakan untuk kegiatan belajar, serta alokasi jam pelajaran pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025. Seluruh data tersebut dijadikan dasar dalam perancangan dan pengujian sistem penjadwalan berbasis Genetic Algorithm, sehingga hasil penelitian benar-benar sesuai dengan kondisi riil sekolah.

B. Alur Penelitian

Alur penelitian ini disusun secara sistematis untuk memastikan bahwa setiap tahap dapat saling mendukung dan menghasilkan solusi penjadwalan yang optimal dengan memanfaatkan Genetic Algorithm [14]. Tahapan penelitian dirancang tidak hanya sebagai prosedur teknis, tetapi juga sebagai langkah strategis dalam memahami permasalahan riil yang dihadapi sekolah, mengumpulkan data yang valid, serta mengimplementasikan algoritma secara tepat.

Tahap pertama dimulai dengan identifikasi masalah, yaitu proses pengkajian mendalam terhadap kondisi penjadwalan di SMA Negeri 1 Bungku Selatan. Pada tahap ini, peneliti menyoroti berbagai persoalan yang sering muncul, misalnya ketidakseimbangan distribusi jam pelajaran, keterbatasan jumlah ruang kelas, adanya guru yang harus mengajar di waktu yang sama, serta potensi benturan jadwal antar mata pelajaran. Identifikasi masalah menjadi landasan utama agar sistem yang dibangun benar-benar mampu menjawab kebutuhan sekolah.

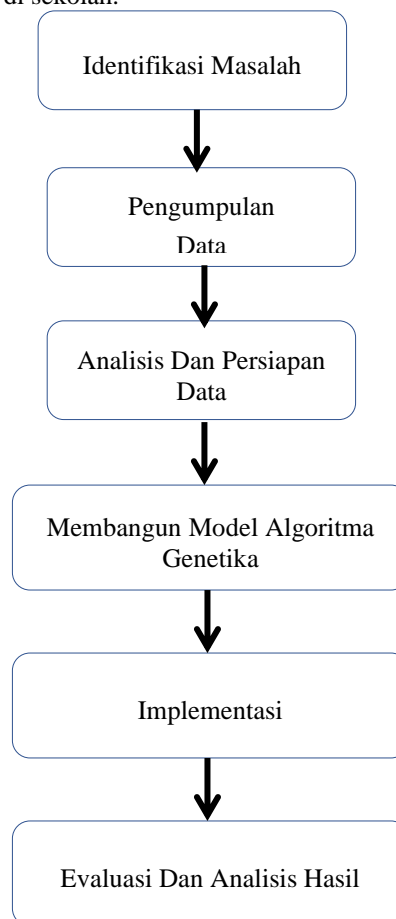
Tahap kedua adalah pengumpulan data. Data yang dikumpulkan meliputi daftar mata pelajaran, jumlah jam tatap muka setiap mata pelajaran, jumlah guru beserta bidang ajarnya, ketersediaan ruang kelas, serta preferensi waktu mengajar guru dan kebutuhan siswa. Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pihak sekolah, survei kepada guru, serta penelaahan dokumen resmi seperti jadwal pelajaran sebelumnya dan kurikulum yang berlaku. Dengan cara ini, data yang terkumpul tidak hanya bersifat kuantitatif tetapi juga mempertimbangkan aspek kualitatif yang berhubungan dengan kebijakan sekolah.

Tahap ketiga adalah perancangan model algoritma genetika. Pada tahap ini, peneliti menyusun representasi masalah ke dalam bentuk kromosom, merumuskan fungsi fitness untuk menilai kualitas jadwal, serta menentukan parameter-parameter utama seperti ukuran populasi, probabilitas crossover, dan tingkat mutasi. Selain itu, mekanisme seleksi juga dirancang untuk memastikan hanya individu dengan kualitas jadwal terbaik yang dapat bertahan dan berkembang dalam generasi berikutnya. Perancangan ini penting karena menentukan sejauh mana algoritma dapat menghasilkan solusi yang optimal.

Tahap keempat adalah implementasi dan simulasi algoritma. Model GA yang telah dirancang kemudian diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python. Pemilihan Python didasarkan pada fleksibilitasnya, ketersediaan pustaka pendukung, serta kemampuannya dalam mengelola data dan menjalankan proses komputasi secara efisien. Pada tahap ini, algoritma dijalankan dengan data sekolah yang telah dikumpulkan, sehingga menghasilkan jadwal pelajaran yang dapat dievaluasi kualitasnya. Simulasi dilakukan berulang kali untuk memastikan konsistensi hasil serta menemukan kombinasi parameter GA yang paling efektif.

Tahap terakhir adalah evaluasi hasil. Jadwal yang dihasilkan dibandingkan dengan jadwal manual untuk melihat keunggulan maupun keterbatasannya. Aspek yang dinilai meliputi tingkat konflik jadwal, pemerataan beban mengajar guru, serta efisiensi pemanfaatan ruang kelas. Dari hasil evaluasi ini, dapat ditarik kesimpulan sejauh mana GA mampu memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan metode tradisional.

Secara keseluruhan, alur penelitian ini menggambarkan suatu proses yang terstruktur, dimulai dari pemahaman masalah hingga penerapan solusi berbasis algoritma genetika. Tahapan-tahapan tersebut dirancang agar penelitian tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga memiliki nilai praktis yang dapat langsung diterapkan di SMA Negeri 1 Bungku Selatan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efektivitas penyusunan jadwal pelajaran di sekolah.

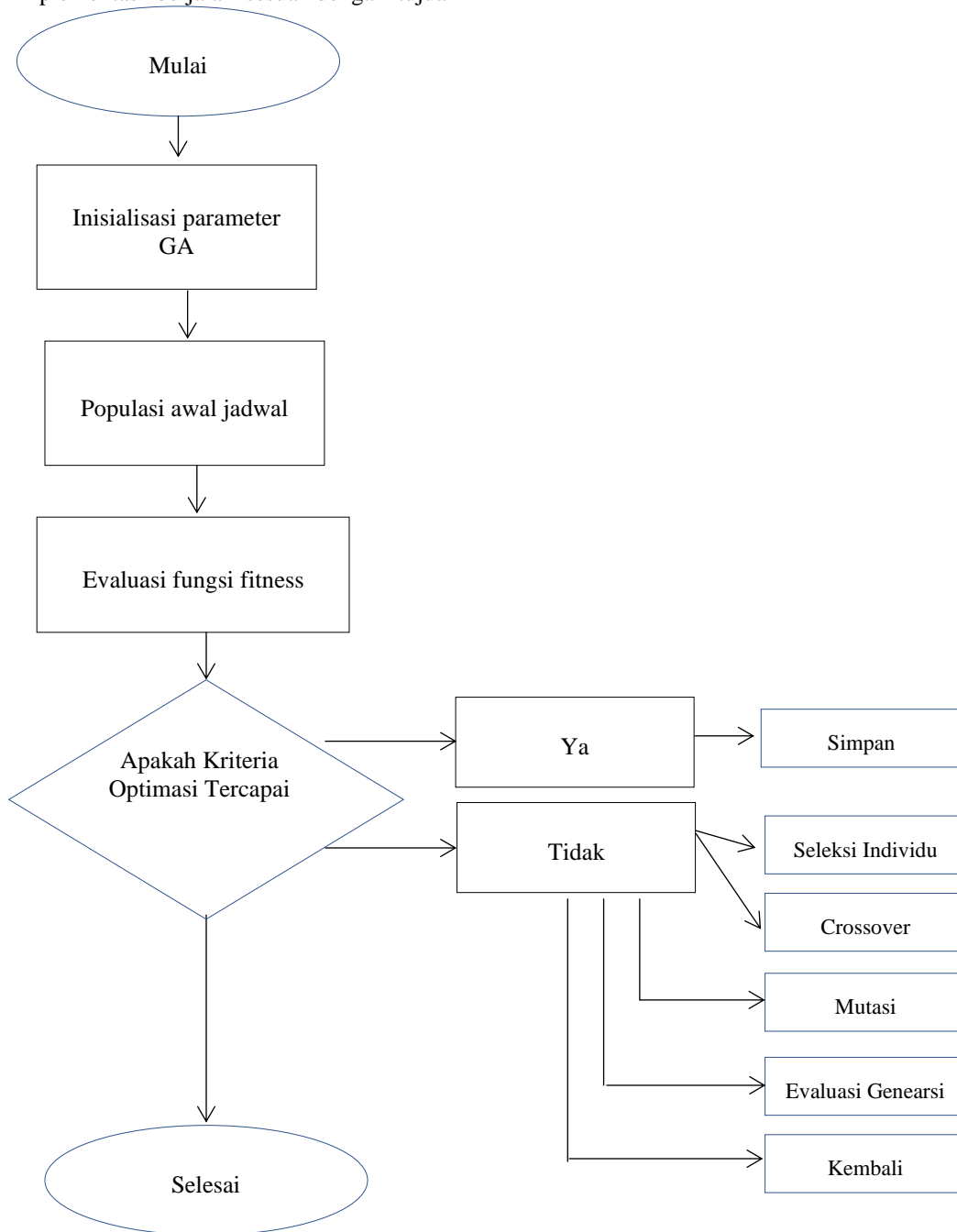


Gambar 1. Alur penelitian

C. *Prosedur Kerja*

Langkah-langkah prosedur kerja dalam perancangan dan pembangunan sistem ini disusun secara terstruktur agar proses implementasi berjalan sesuai dengan tujuan

penelitian. Setiap tahapan dirancang untuk saling mendukung, mulai dari persiapan data hingga pengujian hasil, sehingga sistem yang dihasilkan dapat berfungsi secara optimal.



Gambar 2. Flowchart Algoritma Genetika

Flowchart yang digunakan dalam penelitian ini menjelaskan alur kerja sistem penjadwalan dengan Genetic Algorithm secara terstruktur. Proses diawali dengan inialisasi parameter, seperti ukuran populasi, jumlah generasi, tingkat crossover, dan tingkat mutasi. Selanjutnya, dibangkitkan populasi awal berupa jadwal pelajaran acak yang kemudian dievaluasi menggunakan fungsi fitness untuk mengukur kualitas jadwal dan mendeteksi adanya konflik.

Jika hasil evaluasi sudah memenuhi kriteria optimal, maka jadwal terbaik disimpan sebagai solusi akhir. Namun, jika belum optimal, algoritma melanjutkan ke

tahap seleksi untuk memilih individu terbaik berdasarkan nilai fitness. Individu terpilih kemudian mengalami proses crossover (persilangan) guna menghasilkan jadwal baru dengan kombinasi sifat dari dua parent.

Tahap berikutnya adalah mutasi, yang dilakukan untuk menjaga keragaman populasi dan menghindari terjadinya konvergensi dini. Individu hasil mutasi kembali dievaluasi hingga terbentuk generasi baru. Siklus seleksi, crossover, mutasi, dan evaluasi terus berulang sampai jadwal optimal ditemukan atau batas generasi tercapai. Dengan cara ini, sistem dapat menghasilkan jadwal pelajaran yang efisien, adil, dan minim konflik.

Dalam konteks penelitian ini, setiap individu merepresentasikan satu susunan jadwal pelajaran lengkap, meliputi alokasi waktu, ruang kelas, dan guru. Fungsi fitness menilai kualitas jadwal berdasarkan minimisasi bentrokan, efisiensi penggunaan ruang, serta pemerataan beban mengajar guru.

Secara prosedural, penelitian ini melalui beberapa tahap utama:

1. Pengumpulan data – mencakup informasi mata pelajaran, alokasi jam, guru, dan ruang kelas melalui wawancara serta dokumentasi sekolah.
2. Pengolahan data – data dianalisis, dibersihkan, dan dinormalisasi agar sesuai dengan kebutuhan model algoritma.
3. Perancangan model GA – meliputi penentuan fungsi fitness serta operator seleksi, crossover, dan mutasi.
4. Implementasi dan simulasi – algoritma dijalankan dengan data sekolah untuk menghasilkan alternatif jadwal.
5. Evaluasi hasil – kualitas jadwal diuji dengan membandingkan tingkat konflik, pemerataan beban guru, serta efisiensi pemanfaatan ruang dengan jadwal manual.
6. Analisis dan rekomendasi – hasil akhir dianalisis untuk menilai efektivitas algoritma, sekaligus memberikan masukan bagi penerapan lebih lanjut di SMA Negeri 1 Bungku Selatan.

Melalui prosedur ini, Genetic Algorithm terbukti dapat membantu menyusun jadwal pelajaran secara otomatis, menghasilkan solusi yang lebih optimal, serta mengurangi permasalahan bentrokan yang kerap terjadi pada metode manual.

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui tiga metode utama untuk memastikan informasi yang diperoleh akurat dan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Pertama, dilakukan observasi langsung terhadap proses penyusunan jadwal di SMA Negeri 1 Bungku Selatan. Melalui observasi ini, peneliti memperoleh gambaran nyata mengenai mekanisme penjadwalan, distribusi jam pelajaran, serta kendala teknis yang terjadi di lapangan.

Kedua, digunakan metode wawancara dengan guru, staf administrasi, dan kepala sekolah. Wawancara bertujuan untuk menggali informasi lebih mendalam mengenai kesulitan yang sering muncul dalam penjadwalan, kebutuhan khusus yang harus dipertimbangkan, serta preferensi waktu mengajar guru dan penggunaan ruang kelas.

Ketiga, dilakukan dokumentasi terhadap data historis sekolah, seperti jadwal pelajaran tahun sebelumnya, jumlah kelas dan siswa, data guru, mata pelajaran yang diajarkan, serta alokasi ruang. Data tersebut diambil dari dokumen resmi sekolah yang menjadi rujukan dalam proses perencanaan jadwal.

Hasil dari ketiga metode ini kemudian diolah dan dianalisis agar dapat dimanfaatkan dalam penerapan Genetic Algorithm untuk menyusun jadwal pelajaran yang lebih optimal di SMA Negeri 1 Bungku Selatan.

Metode pengumpulan data ditampilkan pada Tabel 1.

No	Teknik	Keterangan
1	Observasi	Mengamati langsung proses penyusunan jadwal manual
2	Wawancara	Diskusi dengan pihak sekolah mengenai kendala
3	Dokumentasi	Mengumpulkan data guru, mata pelajaran, jam, dan kurikulum

Tabel 1 menunjukkan metode yang digunakan peneliti dalam mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk penelitian. Terdapat tiga teknik utama yang diterapkan, yaitu observasi, wawancara, dan dokumentasi.

Melalui observasi, peneliti mengamati secara langsung proses penyusunan jadwal pelajaran yang selama ini dilakukan secara manual di SMA Negeri 1 Bungku Selatan. Teknik ini memberikan pemahaman awal mengenai bagaimana jadwal disusun, hambatan yang sering muncul, serta pola distribusi jam pelajaran antar kelas.

Teknik wawancara dilakukan dengan melibatkan guru, staf administrasi, dan kepala sekolah. Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh informasi lebih mendalam mengenai kendala yang sering terjadi, kebutuhan khusus dalam penjadwalan, serta preferensi waktu mengajar guru. Dengan cara ini, data yang diperoleh tidak hanya bersifat faktual, tetapi juga mencerminkan kondisi riil dan aspirasi pihak sekolah.

Sementara itu, teknik dokumentasi digunakan untuk memperoleh data historis dari dokumen resmi sekolah, seperti jadwal pelajaran tahun sebelumnya, daftar guru dan mata pelajaran, jumlah jam pelajaran, serta alokasi ruang kelas. Data dokumentasi ini menjadi acuan penting untuk membangun basis informasi yang valid dalam perancangan sistem penjadwalan berbasis Genetic Algorithm.

Dengan kombinasi ketiga teknik tersebut, data yang terkumpul menjadi lebih komprehensif, mencakup aspek empiris dari lapangan, perspektif praktisi pendidikan, serta data administratif resmi yang relevan. Hal ini memastikan bahwa sistem yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan sekolah.

E. Dataset Penelitian

Dataset penelitian ini terdiri atas informasi utama yang berkaitan dengan penyusunan jadwal pelajaran di SMA Negeri 1 Bungku Selatan. Data yang digunakan mencakup daftar guru beserta mata pelajaran yang diampu, jumlah jam tatap muka yang harus dipenuhi setiap minggu, alokasi kelas, serta ketersediaan ruang belajar. Selain itu, dataset juga memuat struktur pembelajaran berdasarkan kurikulum yang berlaku pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025.

Seluruh data diperoleh dari dokumen resmi sekolah dan diverifikasi melalui wawancara dengan pihak terkait, sehingga kualitas dan validitasnya terjamin. Data ini kemudian diolah dan diintegrasikan ke dalam model Genetic Algorithm sebagai representasi masalah penjadwalan. Dengan demikian, hasil optimasi yang diperoleh diharapkan benar-benar sesuai dengan kondisi nyata sekolah.

The image shows a detailed curriculum schedule for SMA Negeri 1 Bungku Selatan, Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2024-2025. The schedule is organized by grade level (SEMEN, SELASA, RABU, KAMIS) and includes columns for subject, teacher, and time slot. The subjects listed include Biology, Mathematics, Physics, Chemistry, Indonesian Language, English, and various electives. The schedule is color-coded by subject and includes specific activity markers like 'ISTIRAHAT' (rest) and 'KEGIATAN KEPUKULAN' (sports activities).

Gambar 3. Jadwal Pelajaran SMA Negeri 1 Bungku Selatan

Gambar 3 Jadwal pelajaran yang digunakan sebagai data penelitian merupakan dokumen resmi SMA Negeri 1 Bungku Selatan untuk semester ganjil tahun ajaran 2024/2025. Jadwal ini memuat alokasi waktu belajar harian seluruh kelas dari tingkat X hingga XII, lengkap dengan nama guru, mata pelajaran, serta kegiatan non-akademik seperti upacara dan istirahat. Format jadwal tersebut kemudian dikonversi ke dalam bentuk kromosom agar dapat diproses oleh Genetic Algorithm, sehingga dapat dioptimalkan untuk menghindari bentrokan jadwal dan penggunaan ruang yang tumpang tindih.

F. Analisis Dat

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan untuk memastikan informasi yang diperoleh dari observasi, wawancara, dan dokumentasi dapat diolah secara akurat. Tahap awal meliputi pembersihan dan normalisasi data, yaitu menghapus data yang tidak relevan, duplikat, maupun tidak lengkap agar data konsisten dan siap diproses oleh algoritma.

Selanjutnya, data yang sudah siap dianalisis menggunakan Genetic Algorithm. Proses ini diawali dengan pembangkitan populasi awal jadwal secara acak, kemudian melalui tahapan seleksi, crossover, dan mutasi untuk menghasilkan solusi yang lebih baik. Kualitas setiap jadwal diukur dengan fungsi fitness, di mana solusi dengan nilai fitness tertinggi dipilih sebagai jadwal terbaik.

Hasil optimasi yang diperoleh dievaluasi untuk memastikan jadwal memenuhi berbagai kriteria, seperti tidak adanya benturan antar mata pelajaran atau guru,

pemanfaatan ruang kelas yang tepat, serta pemerataan distribusi jam pelajaran. Jadwal hasil optimasi juga dibandingkan dengan jadwal manual sebelumnya untuk melihat tingkat peningkatan yang dicapai.

Melalui tahapan ini, dapat disimpulkan sejauh mana efektivitas dan efisiensi Genetic Algorithm dalam menyelesaikan masalah penjadwalan yang kompleks di SMA Negeri 1 Bungku Selatan.

Tabel 2. Teknik Pengumpulan Data

Tahap	Deskripsi	Tujuan
Pembersihan Data	Menghilangkan data yang tidak relevan, duplikat, atau data yang tidak lengkap dari hasil pengumpulan data sebelumnya.	Memastikan data yang digunakan berkualitas, akurat, dan konsisten sebelum dimasukkan ke dalam algoritma.
Normalisasi Data	Mengonversi data ke dalam format yang sesuai agar dapat diolah dengan baik oleh algoritma genetika, seperti penyusunan ulang data dalam format standar.	Memersiapkan data agar kompatibel dengan sistem pemrosesan algoritma genetika.
Implementasi Algoritma Genetika	Algoritma genetika diterapkan untuk menghasilkan berbagai solusi penjadwalan, di mana proses seleksi, crossover, dan mutasi digunakan untuk menemukan jadwal optimal.	Menghasilkan solusi optimal dari jadwal yang memenuhi semua kriteria dan batasan penjadwalan sekolah.

Evaluasi Hasil	Hasil optimasi dari algoritma dianalisis untuk melihat apakah jadwal yang dihasilkan sesuai dengan kriteria yang ditentukan dan membandingkannya dengan jadwal sebelumnya.	Menilai efektivitas algoritma dalam memperbaiki jadwal dan mengatasi masalah penjadwalan di sekolah.
----------------	--	--

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Slot Waktu

Identifikasi slot waktu dilakukan untuk memetakan setiap interval kegiatan dalam jadwal pelajaran SMA Negeri 1 Bungku Selatan, mencakup sesi pembelajaran, istirahat, upacara, literasi, hingga kegiatan keagamaan. Setiap slot ditentukan berdasarkan hari, jam ke-, dan rentang waktu tertentu yang diambil dari dataset jadwal asli.

Proses ini penting agar seluruh blok waktu terdefinisi dengan tepat, sehingga mencegah bentrokan jadwal antar guru, kelas, maupun mata pelajaran. Selain itu, hasil identifikasi slot waktu memudahkan Genetic Algorithm dalam mengelola serta menempatkan aktivitas ke dalam jadwal secara lebih efisien dan realistis sesuai kebutuhan sekolah.

Tabel 3. Hasil Identifikasi Slot Waktu pada Jadwal Pelajaran

No	Hari	Jam Ke	Waktu	Keterangan/Kegiatan
1	Senin	1	07.15 – 08.15	Sesi Pembelajaran
2	Senin	2	08.15 – 09.00	Sesi Pembelajaran
3	Senin	3	09.00 – 09.45	Sesi Pembelajaran
4	Senin	Istirahat	09.45 – 10.15	Istirahat
5	Senin	4	10.15 – 11.00	Sesi Pembelajaran
6	Senin	5	11.00 – 11.45	Sesi Pembelajaran
7	Jumat	Upacara Bendera	07.00 – 07.45	Upacara Bendera
8	Jumat	Dzikir_Orkes_Baksos	07.15 – 08.15	Kegiatan Keagamaan
9	Jumat	Sholat Jum'at	11.45 – Selesai	Kegiatan Keagamaan
10	Jumat	2	09.00 – 09.45	Sesi Pembelajaran

Tabel 3 menampilkan hasil identifikasi slot waktu dalam jadwal pelajaran SMA Negeri 1 Bungku Selatan. Setiap slot terdiri atas hari, urutan jam ke-, rentang waktu, serta jenis kegiatan yang berlangsung. Slot yang terpetakan tidak hanya mencakup pembelajaran reguler, tetapi juga aktivitas non-akademik seperti istirahat, upacara bendera, dan kegiatan keagamaan, misalnya dzikir atau sholat Jum'at.

Identifikasi ini memungkinkan seluruh aktivitas sekolah dipetakan secara rinci sehingga mencegah terjadinya bentrokan jadwal antar guru, kelas, maupun alokasi waktu. Selain itu, pemetaan slot yang jelas mempermudah Genetic Algorithm dalam melakukan optimasi, karena setiap.

B. Data Understanding

Analisis perbandingan dilakukan dengan membandingkan kondisi jadwal yang disusun secara manual di sekolah dengan jadwal hasil optimasi menggunakan Genetic Algorithm (GA). Jadwal manual yang menjadi titik awal penelitian memperlihatkan beberapa masalah mendasar: adanya konflik penugasan guru (satu guru terjadwal mengajar di dua kelas sekaligus), distribusi jam mengajar yang tidak seimbang antar guru, serta pemanfaatan ruang kelas yang kurang efisien. Kondisi tersebut mengakibatkan gangguan operasional dan potensi penurunan kualitas pembelajaran.

Setelah penerapan GA (implementasi dijalankan di lingkungan Python/Google Colab dengan parameter yang disesuaikan), terlihat perbaikan signifikan. Secara kuantitatif, jumlah konflik jadwal berkurang drastis — dari 62 konflik pada jadwal awal menjadi hanya 4 konflik pada jadwal hasil optimasi — menunjukkan kemampuan GA menekan bentrokan penugasan secara efektif. Selain itu, nilai fitness populasi meningkat pesat pada generasi awal dan cenderung stabil setelah sejumlah iterasi, menandakan konvergensi menuju solusi yang layak. Waktu komputasi untuk memperoleh solusi terbaik relatif singkat (implementasi eksperimen tercatat selesai dalam hitungan puluhan detik hingga beberapa menit tergantung parameter), sehingga GA praktis untuk penggunaan rutin di lingkungan sekolah.

Secara kualitatif, jadwal hasil GA juga menunjukkan distribusi beban mengajar yang lebih merata. Diagram beban mengajar (lihat Gambar terkait) memperlihatkan penurunan varians jam mengajar antar guru dibanding kondisi manual; dengan kata lain, tidak lagi terdapat guru yang menanggung beban sangat tinggi sementara yang lain sangat sedikit. Contoh entri pada Tabel 4 menggambarkan alokasi spesifik pada jadwal optimal: misalnya pada Senin jam pertama kelas X IPA 1 ditugaskan Matematika oleh “Guru A”, dan pada Senin jam kedua kelas XI IPS1 ditugaskan Bahasa Indonesia oleh “Guru B”. Penempatan seperti ini dipilih oleh GA karena memenuhi kriteria fitness (menghindari konflik, memenuhi kebutuhan jam, dan menyesuaikan ketersediaan ruang/guru).

Evaluasi lebih lanjut dilakukan dengan metrik tambahan selain jumlah konflik, yaitu: (1) nilai fitness akhir, (2) varian/standar deviasi jam per guru (sebagai ukuran pemerataan beban), dan (3) rasio pemanfaatan ruang (berapa persen slot ruang terisi secara efektif). Semua metrik tersebut menunjukkan peningkatan dibandingkan jadwal manual. Namun perlu dicatat bahwa hasil GA bergantung pada set parameter (populasi, rate crossover, rate mutasi, dan jumlah generasi). Oleh karena itu, tuning parameter memberikan trade-off antara kecepatan konvergensi dan kualitas solusi akhir.

Kesimpulannya, GA menyediakan pendekatan otomatis yang lebih andal untuk menyusun jadwal sekolah: mengurangi konflik secara signifikan, memperbaiki pemerataan beban mengajar, dan meningkatkan efisiensi penggunaan ruang. Untuk implementasi praktis di SMA Negeri 1 Bungku Selatan disarankan memasang

modul GA dengan antarmuka pengguna (mis. web app) sehingga staf sekolah dapat melakukan penyempurnaan manual (human-in-the-loop) terhadap hasil jadwal, serta menyertakan mekanisme validasi untuk menangani aturan kebijakan sekolah yang bersifat khusus atau berubah-ubah.

C. Distribusi Beban Mengajar

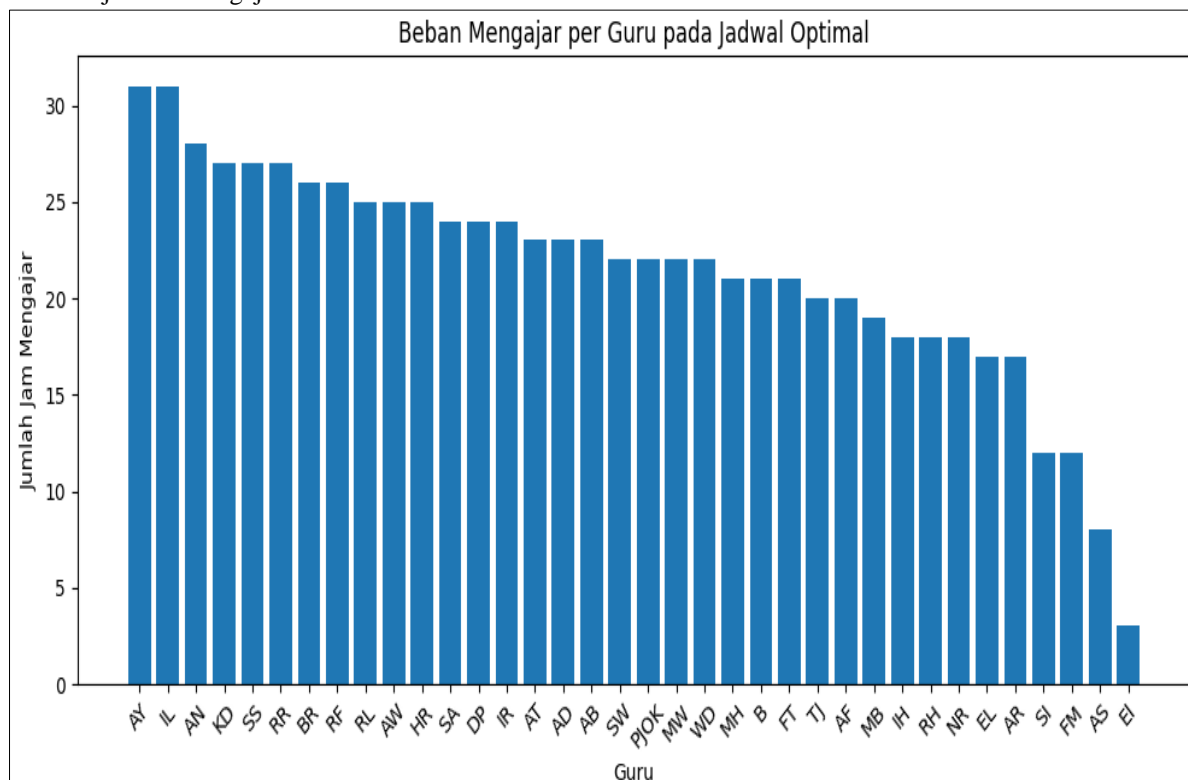
Distribusi beban mengajar merupakan salah satu aspek penting dalam penyusunan jadwal pelajaran karena berhubungan langsung dengan keadilan dan efektivitas kinerja guru. Pada jadwal manual yang digunakan sebelumnya, beban mengajar antar guru belum merata. Terdapat guru dengan alokasi jam yang sangat tinggi sementara guru lain memperoleh jam yang relatif sedikit. Kondisi ini tidak hanya menimbulkan ketidakseimbangan dalam beban kerja, tetapi juga dapat berdampak pada kualitas pembelajaran karena guru dengan jam berlebih cenderung mengalami kelelahan.

Setelah proses optimasi menggunakan Genetic Algorithm (GA), terlihat perbaikan yang signifikan pada distribusi jam mengajar. GA secara efektif

mendistribusikan jumlah jam sesuai dengan kebutuhan kurikulum sekaligus mempertimbangkan keterbatasan waktu guru. Hasil visualisasi pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa variasi beban mengajar antar guru menjadi lebih seimbang. Dengan kata lain, GA berhasil menurunkan selisih jam mengajar antara guru dengan beban terendah dan tertinggi.

Selain pemerataan, hasil optimasi juga menunjukkan peningkatan efisiensi. Seluruh jam pelajaran yang harus dipenuhi oleh setiap mata pelajaran dapat dialokasikan secara tepat tanpa mengorbankan slot waktu istirahat maupun kegiatan sekolah lainnya. Hal ini membuktikan bahwa GA tidak hanya fokus pada mengurangi konflik jadwal, tetapi juga mampu mempertahankan keseimbangan distribusi kerja di antara tenaga pengajar.

Secara keseluruhan, distribusi beban mengajar yang dihasilkan GA lebih adil dan realistis dibandingkan jadwal manual. Kondisi ini penting untuk mendukung produktivitas guru, menjaga kualitas pembelajaran, serta memastikan bahwa seluruh proses belajar mengajar di SMA Negeri 1 Bungku Selatan berjalan secara optimal.



Gambar 4. Diagram Batang Beban Mengajar per Guru

Gambar 4 memperlihatkan distribusi jam mengajar setiap guru setelah jadwal dioptimasi menggunakan Genetic Algorithm. Sumbu horizontal menampilkan inisial guru, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan jumlah jam mengajar dalam satu minggu. Hasil visualisasi menunjukkan adanya variasi beban, di mana guru dengan inisial AY dan L memiliki beban tertinggi hingga 31 jam, sementara guru lain seperti AS, FM, dan EI hanya memiliki sedikit jam, bahkan ada yang hanya 3 jam per minggu.

Meskipun variasinya masih cukup lebar, distribusi beban ini tetap berada dalam batas wajar dan sesuai

dengan kebutuhan sekolah. Grafik ini sekaligus menjadi acuan penting bagi pihak sekolah untuk mengevaluasi pemerataan tugas mengajar serta melakukan penyesuaian pada periode berikutnya, sehingga beban kerja guru lebih seimbang dan proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif tanpa menimbulkan kelelahan berlebih.

D. Analisis Hasil

Hasil implementasi Genetic Algorithm (GA) dalam penyusunan jadwal pelajaran di SMA Negeri 1 Bungku Selatan menunjukkan kinerja yang baik pada tiga aspek utama, yaitu efisiensi, akurasi, dan fleksibilitas.

1. Efisiensi

Salah satu keunggulan utama GA adalah kemampuannya menyelesaikan proses penjadwalan dalam waktu yang relatif singkat. Berdasarkan hasil pengujian, algoritma mampu menghasilkan jadwal yang optimal dalam waktu kurang dari satu menit. Kecepatan ini sangat penting karena pada metode manual, penyusunan jadwal membutuhkan waktu berhari-hari dan tetap berisiko menghasilkan jadwal yang tidak ideal. Dengan GA, proses komputasi dapat dipercepat tanpa mengurangi kualitas solusi.

2. Akurasi

Jadwal hasil optimasi terbukti bebas dari benturan, baik antar guru maupun penggunaan ruang kelas. Hal ini berarti tidak ada satu pun guru yang dijadwalkan mengajar di dua tempat sekaligus, dan setiap kelas mendapatkan alokasi jam yang sesuai dengan ketentuan kurikulum. Selain itu, tidak ada jadwal yang bertabrakan dengan kegiatan non-akademik seperti upacara atau waktu istirahat. Akurasi ini menunjukkan bahwa fungsi fitness yang dirancang mampu menyeleksi solusi dengan baik, sehingga jadwal yang dihasilkan benar-benar valid dan dapat digunakan secara langsung.

3. Fleksibilitas

Sistem berbasis GA juga memiliki fleksibilitas tinggi karena mampu menyesuaikan diri ketika terjadi perubahan, misalnya penambahan atau pengurangan jumlah guru, perubahan jumlah kelas, maupun revisi kurikulum. Perubahan data dapat segera diproses ulang oleh algoritma untuk menghasilkan jadwal baru tanpa harus menyusun ulang seluruh jadwal dari awal. Fleksibilitas ini menjadi nilai tambah karena kondisi sekolah sering kali dinamis dan membutuhkan solusi penjadwalan yang adaptif.

Secara keseluruhan, analisis hasil ini membuktikan bahwa GA tidak hanya efektif dalam menghasilkan jadwal yang optimal, tetapi juga efisien dalam waktu eksekusi, akurat dalam menghindari konflik, serta fleksibel dalam menghadapi perubahan data dan kebutuhan sekolah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan Genetic Algorithm (GA) dalam penyusunan jadwal pelajaran di SMA Negeri 1 Bungku Selatan dengan bantuan bahasa pemrograman Python. Melalui tahapan pengumpulan data, perancangan model, proses optimasi, hingga evaluasi, diperoleh beberapa kesimpulan penting sebagai berikut:

1. Efektivitas Algoritma Genetika

GA terbukti mampu menyelesaikan persoalan penjadwalan yang kompleks dengan lebih sistematis. Melalui mekanisme seleksi, crossover, dan mutasi, sistem menghasilkan jadwal yang lebih terstruktur, efisien, dan minim bentrokan.

2. Pengurangan Konflik Jadwal

Pada kondisi awal, jadwal manual masih menyisakan 62 konflik, khususnya karena adanya guru yang dijadwalkan mengajar di dua kelas pada waktu bersamaan. Setelah proses optimasi selama 400 generasi, konflik dapat ditekan menjadi hanya 4, yang menunjukkan efektivitas GA dalam mengurangi tumpang tindih jadwal secara signifikan.

3. Output Sistem yang Lengkap

Sistem mampu menghasilkan file jadwal pelajaran dalam format Excel yang mudah dipahami pihak sekolah. Selain jadwal utama, sistem juga memberikan informasi tambahan berupa jumlah konflik setelah optimasi, grafik perkembangan fitness, serta distribusi beban mengajar guru. Output ini mendukung pihak sekolah dalam mengevaluasi dan mengambil keputusan terkait manajemen jadwal.

4. Keunggulan Python dalam Implementasi

Pemanfaatan bahasa Python di platform Google Colab memberikan kecepatan komputasi, fleksibilitas dalam pengolahan data, serta kemudahan visualisasi hasil. Hal ini mempermudah proses implementasi algoritma sekaligus meningkatkan efisiensi penelitian.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Pemutakhiran Data

Sekolah diharapkan secara rutin memperbarui data guru, mata pelajaran, dan kelas agar jadwal yang dihasilkan selalu relevan dengan kondisi terbaru.

2. Penambahan Parameter Optimasi

Penelitian lanjutan disarankan memasukkan parameter tambahan, seperti preferensi waktu mengajar guru, ketersediaan ruang khusus, kebutuhan siswa tertentu, serta pengaturan waktu istirahat yang lebih fleksibel untuk meningkatkan kualitas jadwal.

3. Integrasi dengan Sistem Akademik

Sistem penjadwalan dapat dikembangkan agar terhubung dengan sistem manajemen sekolah lain, seperti absensi, penilaian, maupun laporan akademik, sehingga mendukung efisiensi operasional sekolah secara menyeluruh.

4. Evaluasi Berkala dan Penyesuaian

Jadwal yang dihasilkan sebaiknya dievaluasi secara rutin. Jika ditemukan kendala dalam penerapannya, parameter maupun algoritma dapat disesuaikan kembali agar solusi yang diberikan tetap optimal.

5. Pelatihan Operator Sistem

Perlu dilakukan pelatihan bagi staf sekolah agar mampu mengoperasikan sistem dengan baik, memanfaatkan fitur yang tersedia secara maksimal, serta dapat melakukan penyesuaian jadwal jika terjadi perubahan mendadak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Adriyanto, "Sistem Informasi Jadwal Mata Pelajaran Berbasis Web Di Smkn 5 Bandung." Universitas Komputer Indonesia, 2023.
- [2] F. Sofiani, D. H. Raharjo, And D. R. Utari, "Literasi Bencana Banjir Dengan Kosakata Berbahasa Inggris Dalam Pembuatan Jadwal Pelajaran Untuk Siswa-Siswi Sekolah Dasar," *Info Abdi Cendekia*, Vol. 6, No. 2, Pp. 62–68, 2023.
- [3] M. S. H. Simarankir, "Rancangan Bangun Sistem Informasi Penjadwalan Mata Pelajaran Berbasis Web," *Electro Luceat*, Vol. 7, No. 1, Pp. 48–59, 2021.
- [4] S. Saharuddin And M. W. Prihatmono, "Pengenalan Dan Pelatihan Dasar Bahasa Pemrograman Python Pada Siswa/I Sma Negeri 3 Makassar," *Selaparang J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*, Vol. 6, No. 4, Pp. 2233–2237, 2022.
- [5] M. R. S. Alfarizi, M. Z. Al-Farish, M. Taufiqurrahman, G. Ardiansah, And M. Elgar, "Penggunaan Python Sebagai Bahasa Pemrograman Untuk Machine Learning Dan Deep Learning," *Karimah Tauhid*, Vol. 2, No. 1, Pp. 1–6, 2023.
- [6] D. D. Rochman And R. Ferdian, "Penjadwalan 20 Job 8 Mesin Dengan Metode Genetic Algorithm (Ga)," *Spektrum Ind.*, Vol. 11, No. 2, P. 175, 2013.
- [7] F. D. Marleny, "Optimasi Genetic Algorithm Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Klasifikasi Citra," *J. Teknol. Inf. Univ. Lambung Mangkurat*, Vol. 4, No. 1, Pp. 1–6, 2019.
- [8] M. E. Al Rivan And B. Bhagaskara, "Perbandingan Fluid Genetic Algorithm Dan Genetic Algorithm Untuk Penjadwalan Perkuliahan," *J. Sisfokom (Sistem Inf. Dan Komputer)*, Vol. 9, No. 3, Pp. 350–356, 2020.
- [9] M. K. Fajarlestari And M. Hardiyanti, "Sistem Penjadwalan Karyawan Dengan Algoritma Genetika," *J. Buana Inform.*, Vol. 15, No. 2, Pp. 142–152, 2024.
- [10] W. Merry, "Implementasi Algoritma Genetika Untuk Menyelesaikan Drone Routing Problem Implementation Genetic Algorithm To Solve Drone Routing Problem." Universitas Sulawesi Barat, 2025.
- [11] T. Triyono And K. Kusri, "Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Kuliah: Eksplorasi Metode Crossover, Mutasi, Dan Seleksi Terbaik," *Dutacom*, Vol. 17, No. 2, Pp. 126–153, 2024.
- [12] S. Mirjalili, "Genetic Algorithm," In *Evolutionary Algorithms And Neural Networks: Theory And Applications*, Springer, 2018, Pp. 43–55.
- [13] E. Y. Sari And T. Rahmawati, "Pemodelan Sistem Optimasi Penjadwalan Matakuliah Dengan Algoritma Genetika," *Tek. Teknol. Inf. Dan Multimed.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 70–78, 2023.
- [14] G. S. Budhi, A. Handojo, And B. Soloment, "Pemanfaatan Compact Genetic Algorithm (Cga) Untuk Optimasi Penjadwalan Penggunaan Ruang Kuliah Di Uk Petra," In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (Snati)*, 2009.