

Penerapan Algoritma Genetika Dalam Sistem Penjadwalan Mata Pelajaran Di SD Islam Terpadu Darussalam

Adimas Ambang Syahputra*¹, Ismail Abdurrozzaq Zulkarnain ², Andy Triyanto Pujo Raharjo³

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Ponorogo; Jl. Budi Utomo No.10 Ponorogo, Telp (0352) 481124

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Teknik UMPO, Ponorogo

e-mail: *¹adimasambangsyahputra@gmail.com, ²ismail@umpo.ac.id, ³andytriyanto244@gmail.com

Abstrak

Penjadwalan adalah upaya untuk mengatur waktu kegiatan untuk memastikan kelancaran dan kesinambungannya. Salah satu area yang kritis adalah penjadwalan mata pelajaran di SD Islam Terpadu Darussalam. Penjadwalan secara manual dianggap tidak efektif karena membutuhkan ketelitian yang tinggi untuk menghindari bentrok dan membutuhkan waktu yang lama. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan sistem penjadwalan yang memanfaatkan algoritma genetika untuk otomatisasi. Penelitian ini menggunakan metode waterfall yang terdiri dari empat tahap utama yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Metode ini memberikan struktur yang jelas dan meminimalisir kesalahan pada tahap akhir. Hasil uji coba sistem penjadwalan menunjukkan waktu yang paling efektif adalah pukul 00:12:30 dengan jumlah populasi 10, Pm 0.2, dan Pc 0.5. Sistem informasi penjadwalan berbasis web dengan menggunakan algoritma genetika memungkinkan penjadwalan mata pelajaran yang akurat, cepat, efisien, dan efektif di SD Islam Terpadu Darussalam. Selain itu, inovasi berupa notifikasi email yang dikirimkan 10 menit sebelum pelajaran berikutnya dimulai dapat memastikan guru dan siswa lebih siap, sehingga proses belajar mengajar menjadi lebih lancar dan efisien.

Kata kunci—Algoritma Genetika, Penjadwalan Mata Pelajaran, Website

Abstract

Scheduling is an effort to manage time for activities to ensure their smoothness and continuity. One critical area is the scheduling of subjects at SD Islam Terpadu Darussalam. Manual scheduling is considered ineffective because it requires high accuracy to avoid conflicts and is lengthy and time-consuming. To address this issue, a scheduling system utilizing genetic algorithms for automation is needed. This research employs the waterfall method, consisting of four main stages: requirement analysis, system design, implementation, and testing. This method provides a clear structure and minimizes errors in the final stages. The scheduling system trials showed the most effective time was 00:12:30 with a population size of 10, Pm 0.2, and Pc 0.5. The web-based scheduling information system using a genetic algorithm allows subject scheduling to be accurate, fast, efficient, and effective at SD Islam Terpadu Darussalam. Additionally, an innovation involving email notifications sent 10 minutes before the next lesson begins can ensure teachers and students are better prepared, making the teaching and learning process smoother and more efficient.

Keywords— Genetic Algorithm, Course Scheduling, Website

1. PENDAHULUAN

Saat ini, perkembangan teknologi informasi sangat pesat dan memberikan banyak manfaat bagi berbagai kegiatan manusia[1][2]. Penggunaan teknologi informasi ini mencakup berbagai bidang seperti pendidikan, kesehatan, pemerintahan, ekonomi, bisnis, dan lainnya. Salah satu inovasi dari perkembangan teknologi informasi adalah kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), yang memungkinkan komputer meniru cara kerja manusia[3]. Kecerdasan buatan ini mampu membantu menyelesaikan masalah-masalah kompleks, bahkan sering kali lebih cepat dan andal dibandingkan dengan penyelesaian oleh manusia[4]. Salah satu pemanfaatan kecerdasan buatan ini adalah dalam pemecahan masalah penjadwalan. Penjadwalan merupakan sebuah upaya pengelolaan waktu terhadap suatu kegiatan dengan tujuan untuk memastikan kelancaran kegiatan tersebut[5].

Proses penjadwalan dilakukan sebaik-baiknya untuk meningkatkan efektivitas penggunaan sumber daya. Dalam penjadwalan, terdapat dua aspek penting yaitu *hard constraint* dan *soft constraint*. *Hard constraint* adalah batasan yang harus dihindari dan tidak boleh dilanggar, sedangkan *soft constraint* adalah batasan yang dapat ditoleransi namun tetap menjadi acuan dalam proses penjadwalan[4]. Penjadwalan mata pelajaran merupakan aspek penting dalam manajemen sekolah yang berfungsi untuk memastikan proses belajar mengajar berjalan lancar dan efektif[6]. Jadwal pelajaran memiliki peran signifikan dalam mengatur kegiatan belajar mengajar, sehingga penjadwalan menjadi hal yang sangat diperlukan dalam dunia pendidikan[7].

Di SD Islam Terpadu Darussalam, penjadwalan yang efisien dan efektif sangat diperlukan mengingat kompleksitas dan beragamnya kebutuhan yang harus dipenuhi[7]. Meskipun penjadwalan mata pelajaran sudah dilakukan secara komputerisasi menggunakan *Microsoft Excel*, metode ini dinilai kurang optimal karena sering terjadi masalah seperti penggunaan kelas yang bersamaan, jadwal mengajar guru yang tumpang tindih, mata pelajaran yang sama pada kelas yang sama dalam satu hari, serta kendala lainnya. Proses penjadwalan yang memakan waktu lama, proses yang panjang, dan kebutuhan akan tingkat ketelitian yang tinggi sering menjadi penghambat dalam penjadwalan. Permasalahan utama yang sering muncul adalah keterlambatan guru dalam memulai pengajaran di kelas.

Akibat dari permasalahan penjadwalan di SD Islam Terpadu Darussalam, beberapa konsekuensi signifikan muncul. Keterlambatan guru dalam memulai pengajaran mengurangi waktu efektif belajar siswa, sehingga materi pelajaran tidak tersampaikan dengan maksimal. Penggunaan kelas yang bersamaan dan jadwal mengajar yang tumpang tindih menyebabkan ketidaknyamanan bagi siswa dan guru serta mengganggu alur kegiatan belajar mengajar. Mata pelajaran yang sama pada kelas yang sama dalam satu hari dapat mengakibatkan kebosanan dan penurunan motivasi belajar siswa. Proses penjadwalan yang memakan waktu lama dan memerlukan ketelitian tinggi meningkatkan beban kerja bagi staf administrasi, mengurangi efisiensi kerja, dan berpotensi menimbulkan kesalahan manusia. Semua ini berdampak negatif pada kualitas pendidikan yang diterima siswa dan kepuasan kerja para guru serta staf sekolah.

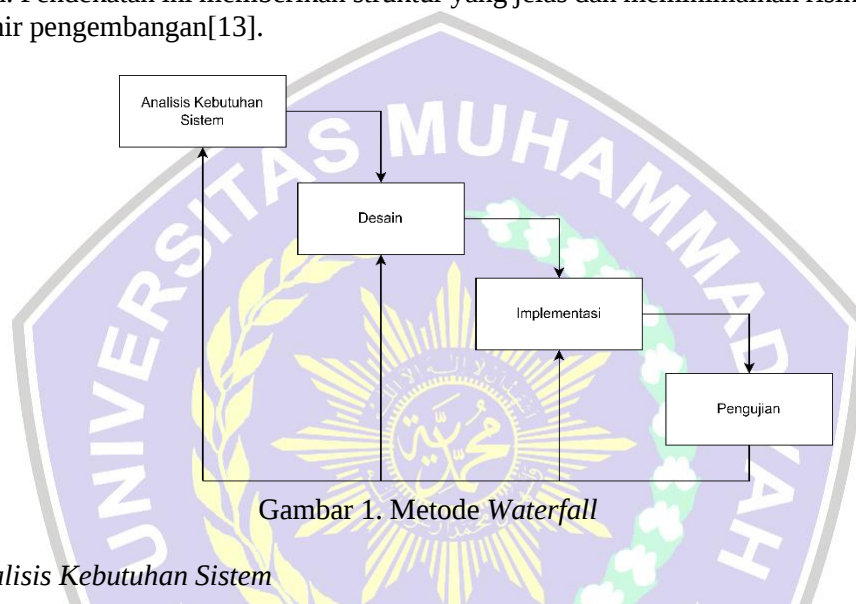
Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dirancang sebuah sistem penjadwalan yang menerapkan Algoritma Genetika untuk mengoptimalkan proses penjadwalan. Algoritma ini dapat membantu mengurangi keterlambatan guru, menghindari penggunaan kelas yang bersamaan, mengeliminasi jadwal mengajar yang tumpang tindih, dan mencegah penjadwalan mata pelajaran yang sama dalam satu hari[8][9]. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang berjudul “Sistem Informasi Akademik SMA Negeri 1 Pandaan Berbasis Web Menggunakan Algoritma *Round Robin*” memiliki kekurangan yaitu alokasi waktu yang seragam tanpa mempertimbangkan prioritas atau urgensi tertentu. Hal ini bisa menyebabkan ketidakseimbangan dalam distribusi jam pelajaran, terutama jika ada mata pelajaran yang membutuhkan lebih banyak waktu dibandingkan yang lain[10]. Algoritma Genetika mampu mencari solusi penjadwalan optimal dengan mengevaluasi berbagai kombinasi jadwal, mengidentifikasi dan mengeliminasi konflik, serta

menyesuaikan dengan preferensi dan keterbatasan yang ada[11]. Dengan otomatisasi dan efisiensi yang ditawarkannya, Algoritma Genetika diharapkan mengurangi waktu dan beban kerja staf administrasi, meminimalisir potensi kesalahan manusia, serta meningkatkan kualitas pendidikan dan kepuasan kerja para guru dan staf sekolah. Selain itu, inovasi berupa notifikasi melalui email yang dikirimkan 10 menit sebelum jam pelajaran berikutnya dimulai dapat diterapkan untuk memastikan guru dan siswa lebih siap dalam memulai kelas, sehingga proses belajar mengajar dapat berjalan dengan lebih lancar dan efisien.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Pengembangan Sistem

Metode *waterfall* merupakan pendekatan sistematis dalam pengembangan sistem yang digunakan untuk merancang sistem informasi penjadwalan mata pelajaran[12]. Dalam metode ini, terdapat 4 tahapan utama yang harus dilalui, yaitu analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, dan pengujian. Setiap tahap harus diselesaikan sebelum tahap berikutnya dimulai, memastikan bahwa setiap aspek dari pengembangan sistem diperiksa dan diperbaiki sebelum melanjutkan. Pendekatan ini memberikan struktur yang jelas dan meminimalkan risiko kesalahan di tahap akhir pengembangan[13].



2.1.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap analisis kebutuhan sistem dalam penerapan Algoritma Genetika untuk penjadwalan mata pelajaran di SD Islam Terpadu Darussalam pada gambar 1, tujuannya adalah untuk mengidentifikasi variabel yang akan menjadi input dalam algoritma tersebut. Analisis kebutuhan ini meliputi kebutuhan perangkat lunak, perangkat keras, dan kebutuhan fungsional yang diperlukan dalam penerapan Algoritma Genetika pada sistem penjadwalan. Berikut analisis kebutuhan sistem pada penelitian ini :

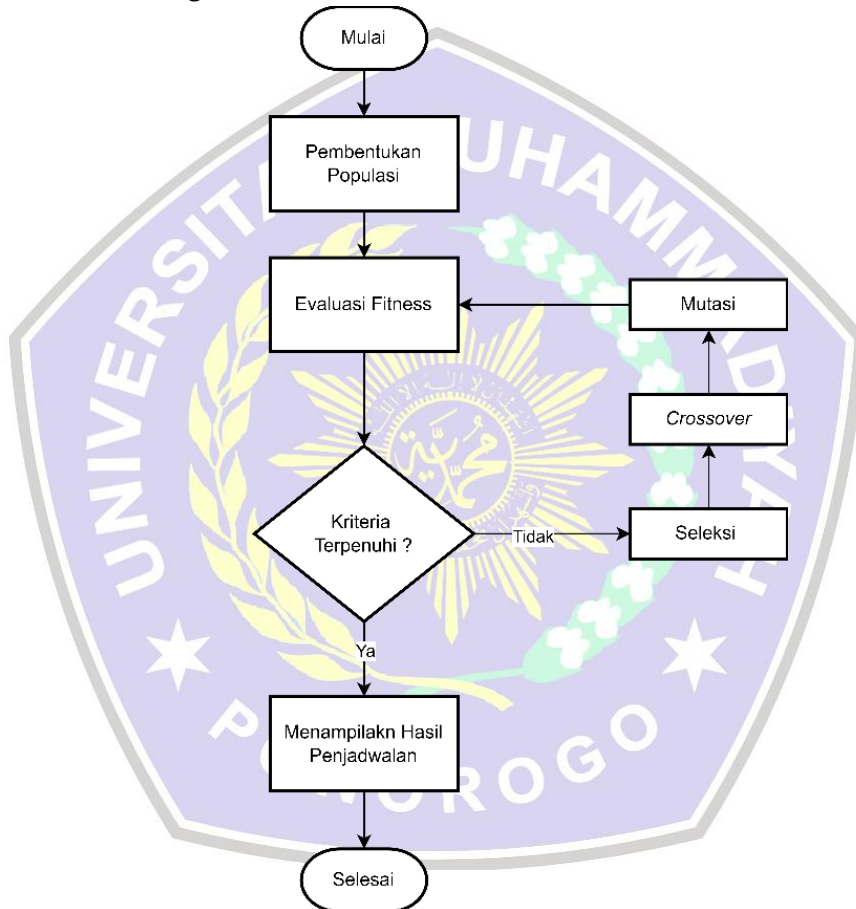
- 1) Kebutuhan *Hardware*(Perangkat Keras) :
 - a) Laptop DELL Vostro 3411 dengan prosesor Intel Core i3-1005G1
 - b) RAM sebesar 8 GB
- 2) Kebutuhan *Software*(Perangkat Lunak) :
 - a) Sistem operasi *Windows 11 Pro*.
 - b) *XAMPP* versi 7.4.27 sebagai *server* dan *MySQL database*.
 - c) *Visual Studio Code* untuk pengkodean sistem.
 - d) *Draw.io* untuk desain gambaran antarmuka sistem, *Flowchart* Algoritma Genetika, *Usecase Diagram*, *Activity Diagram* Proses Penjadwalan.

Analisis kebutuhan ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan tersedia dan dapat mendukung implementasi Algoritma Genetika dalam proses penjadwalan mata pelajaran yang efisien dan efektif di SD Islam Terpadu Darussalam.

2.1.2 Desain

Setelah menyelesaikan tahap analisis kebutuhan, langkah selanjutnya pada gambar 1 adalah merancang sistem untuk mengimplementasikan Algoritma Genetika dalam Sistem Penjadwalan Mata Pelajaran Di SD Islam Terpadu Darussalam. Pada desain terdiri atas 4 desain yaitu *Flowchart* Algoritma Genetika, *Usecase Diagram*, dan *Activity Diagram* Proses Penjadwalan sebagai berikut :

1) *Flowchart* Algoritma Genetika



Gambar 2. *Flowchart* Algoritma Genetika

a) Pembangkitan Populasi Awal

Proses algoritma genetika dimulai dengan menentukan sekumpulan solusi yang disebut populasi, di mana setiap solusi diwakili oleh kromosom dalam bentuk array atau larik yang berisi data penunjang untuk penjadwalan[14]. Panjang kromosom ditentukan oleh jumlah gen yang dibentuk. Setelah kromosom ini terbentuk, langkah berikutnya adalah mengevaluasi nilai *fitness* dari setiap kromosom dan menentukan probabilitas berdasarkan nilai *fitness* tersebut[15]. Kromosom yang dipilih secara acak kemudian akan dikawinkan melalui proses *crossover* dan mutasi untuk menghasilkan keturunan. Proses

evolusi ini akan terus diulang hingga kondisi yang sesuai dengan kebutuhan sistem tercapai[16].

b) Batasan Penjadwalan

Proses algoritma genetika dimulai dengan menentukan sekumpulan solusi yang disebut populasi, di mana setiap solusi direpresentasikan oleh kromosom. Kromosom ini ditampilkan dalam bentuk *array* atau larik yang memuat data penunjang untuk penjadwalan[16]. Panjang kromosom ditentukan oleh jumlah gen yang ada. Setelah kromosom ditetapkan, langkah berikutnya adalah mengevaluasi nilai *fitness* dari masing-masing kromosom dan menentukan probabilitas berdasarkan nilai *fitness* tersebut. Kromosom yang dipilih secara acak kemudian akan dikawinkan melalui proses *crossover* dan mutasi untuk menghasilkan keturunan. Proses evolusi ini akan berulang hingga mencapai kondisi yang sesuai dengan kebutuhan sistem[15].

c) Evaluasi *Fitness* dan Seleksi

Evaluasi *fitness* menentukan dan mengukur nilai *fitness* pada setiap kromosom, kemudian mengevaluasinya terus menerus hingga mencapai kriteria yang diharapkan. Individu dengan nilai *fitness* rendah tidak akan bertahan, sehingga diperlukan nilai *fitness* maksimal untuk mendapatkan solusi terbaik. Tahap seleksi menggunakan dua metode utama yaitu *Roulette-wheel* dan seleksi ranking. Pada metode *Roulette-wheel*, kromosom ditempatkan pada posisi di lingkaran roda sesuai nilai *fitness* dan dipilih secara acak, sedangkan pada seleksi ranking, kromosom diurutkan berdasarkan nilai *fitness* dan dipilih secara berurutan[17]. Rumus yang ditunjukkan pada gambar adalah rumus untuk menghitung nilai *fitness* pada metode seleksi *Roulette-wheel* dalam algoritma genetika[4]. Rumusnya pada (1):

$$f_1 = \frac{1}{1 + \sum p_i} \quad (1)$$

Keterangan :

- f_1 : Nilai *Fitness* Kromosom
- $\sum p_i$: Total nilai *fitness* seluruh kromosom dalam populasi.

d) Kawin Silang (*Crossover*)

Crossover dalam algoritma genetika adalah proses yang meningkatkan keragaman anak (*offspring*) dalam suatu populasi dengan menggabungkan dua kromosom induk pada satu waktu[17]. Proses *crossover* paling sederhana melibatkan kombinasi segmen dari kedua induk secara acak[15]. Caranya adalah dengan memilih titik pemisah pada kromosom, kemudian menukar segmen di sebelah kanan titik tersebut dari satu induk dengan segmen di sebelah kiri titik tersebut dari induk lainnya. Ini menghasilkan dua kromosom baru yang mengandung informasi genetik campuran dari kedua induk.

e) Mutasi

Proses mutasi dalam algoritma genetika dapat dilakukan dengan dua cara yaitu penukaran (*swap*) dan acak (*random*). Pada metode penukaran, nilai dari gen yang ada ditukar secara langsung dengan menentukan letaknya terlebih dahulu[17]. Sedangkan pada metode acak, nilai gen yang akan dimutasi dipilih secara acak tanpa menentukan posisinya terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai baru. Penelitian ini menggunakan metode mutasi acak[14]. Pemilihan individu untuk mutasi dilakukan dengan mempertimbangkan nilai mutation rate, yang menentukan apakah individu tersebut layak untuk dimutasi atau tidak.

f) Data Pendukung Penjadwalan

Data-data yang diperlukan untuk mendukung proses penjadwalan mata pelajaran ini antara lain adalah data guru, mata pelajaran, ruang kelas, jam atau sesi, hari, dan guru mata pelajaran. Berdasarkan hasil pencarian dengan narasumber pihak akademik SD Islam Terpadu Darussalam, didapatkan rincian jumlah data pendukung seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Pendukung Penjadwalan

Data	Jumlah Data
Guru	25
Siswa	329
Mata Pelajaran	13
Ruang	12
Jam	8
Hari	6

Tabel 1 menyajikan data yang diperlukan untuk mendukung proses penjadwalan mata pelajaran di SD Islam Terpadu Darussalam. Terdapat 25 guru yang terlibat dalam proses penjadwalan, dengan total 329 siswa yang perlu dijadwalkan. Selain itu, ada 13 mata pelajaran yang harus dijadwalkan dalam kurikulum sekolah, menggunakan 12 ruang kelas yang tersedia. Penjadwalan dilakukan dalam 8 jam atau sesi waktu per hari selama 6 hari dalam seminggu. Data ini memberikan gambaran lengkap mengenai jumlah data yang diperlukan untuk memastikan proses penjadwalan dapat dilakukan secara efisien dan efektif, dengan mempertimbangkan semua faktor yang relevan.

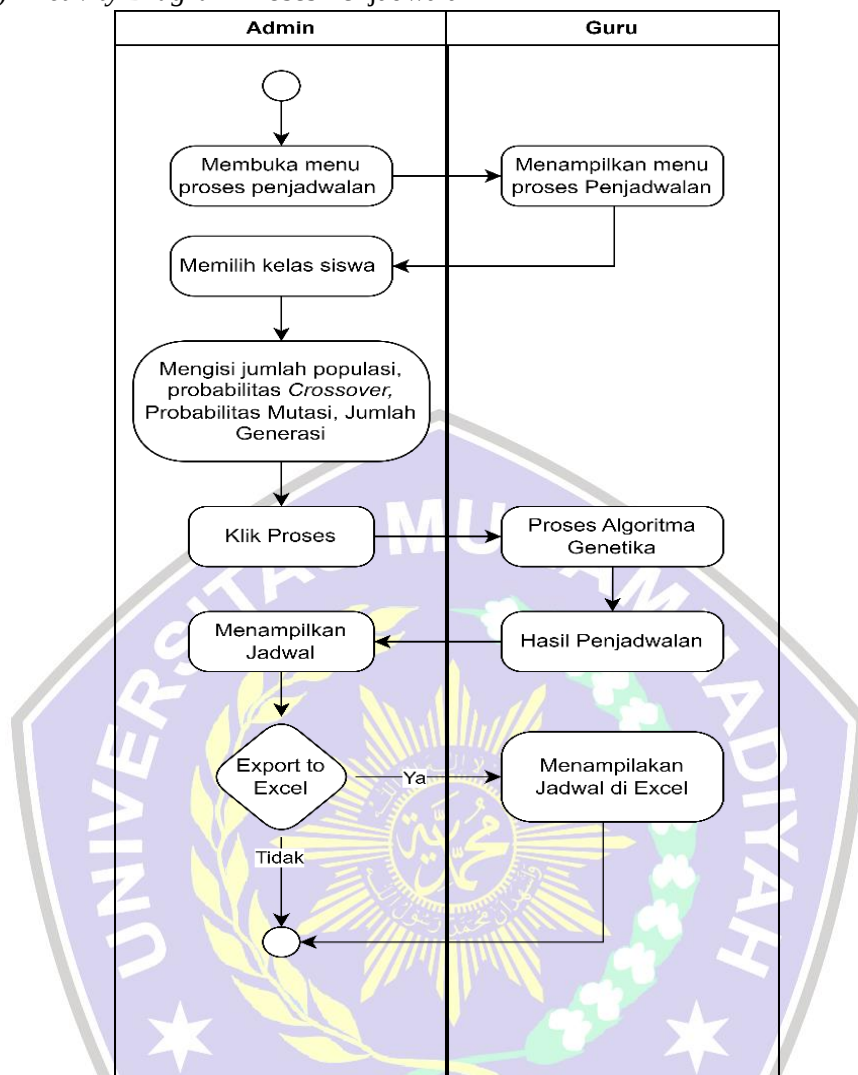
2) Usecase Diagram



Gambar 3. Usecase Diagram

Pada gambar 3 dapat dilihat diagram *usecase* yang menunjukkan sistem penjadwalan mata pelajaran di SD Islam Terpadu Darussalam. Diagram ini melibatkan dua aktor utama yaitu Admin dan Guru. Aktor Admin memiliki akses ke berbagai *usecase* seperti *Login*, *Dashboard*, *Guru*, *Mata Pelajaran*, *Ruang*, *Jam*, *Hari*, *Waktu Tidak Tersedia*, *Penjadwalan*, dan *Logout*. Begitu juga aktor Guru yang memiliki akses yang sama. Setiap *usecase* dihubungkan dengan garis yang menunjukkan hubungan antara aktor dan fungsi-fungsi yang dapat mereka lakukan dalam sistem penjadwalan tersebut. Diagram ini memberikan gambaran tentang peran dan aktivitas yang bisa dilakukan oleh Admin dan Guru dalam sistem, serta interaksi antara aktor dengan *usecase* yang ada.

3) Activity Diagram Proses Penjadwalan



Gambar 4. Activity Diagram Proses Penjadwalan

Pada gambar 4 dapat dilihat diagram alur proses penjadwalan yang melibatkan Admin dan Guru di SD Islam Terpadu Darussalam. Admin membuka menu proses penjadwalan, memilih kelas siswa, mengisi jumlah populasi, probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, dan jumlah generasi, kemudian klik proses untuk memulai penjadwalan, dan menampilkan jadwal yang telah dihasilkan. Admin kemudian memilih untuk mengekspor jadwal ke Excel jika ya, jadwal akan diekspor ke Excel jika tidak, proses selesai.

Sementara itu, Guru menampilkan menu proses penjadwalan, melakukan proses algoritma genetika berdasarkan parameter yang telah diisi oleh Admin, menampilkan hasil penjadwalan, dan menampilkan jadwal di Excel jika diperlukan. Diagram ini menunjukkan interaksi antara Admin dan Guru dalam proses penjadwalan menggunakan algoritma genetika, serta langkah-langkah yang diambil untuk menghasilkan dan memverifikasi jadwal pelajaran. Admin memiliki peran dalam mengatur parameter dan memulai proses, sementara Guru memastikan hasil penjadwalan sesuai dan dapat diakses dalam format yang diperlukan.

2.1.3 Implementasi

Pada tahap implementasi berdasarkan gambar 1, algoritma genetika diterapkan dengan membangkitkan populasi awal berupa solusi penjadwalan acak, yang masing-masing diwakili oleh kromosom. Setiap kromosom dievaluasi menggunakan fungsi fitness untuk menentukan kualitasnya berdasarkan kriteria seperti minimasi konflik waktu dan distribusi beban mengajar. Seleksi dilakukan untuk memilih kromosom terbaik yang akan menghasilkan generasi berikutnya melalui proses *crossover*, di mana dua kromosom dipadukan untuk menghasilkan keturunan baru. Proses mutasi diterapkan untuk menjaga keberagaman genetik dengan mengubah sebagian gen dalam kromosom. Siklus ini diulangi selama beberapa generasi hingga ditemukan solusi penjadwalan yang optimal.

2.1.4 Pengujian

Pada tahap pengujian berdasarkan gambar 1, dilakukan uji coba waktu komputasi untuk menentukan konfigurasi algoritma genetika yang dapat menghasilkan jadwal pelajaran dengan cepat sekaligus mempertahankan tingkat optimasi yang tinggi. Pengujian ini mencakup evaluasi solusi penjadwalan terhadap data jadwal aktual untuk memastikan akurasi dan kemampuannya diimplementasikan. Uji coba ini melibatkan variasi nilai probabilitas mutasi (P_m) dan probabilitas *crossover* (P_c) pada lima ukuran populasi yang berbeda, yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50. Data waktu yang diperlukan untuk proses penjadwalan dengan algoritma genetika, berdasarkan variasi P_c , P_m , dan ukuran populasi, disajikan pada Tabel 7.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

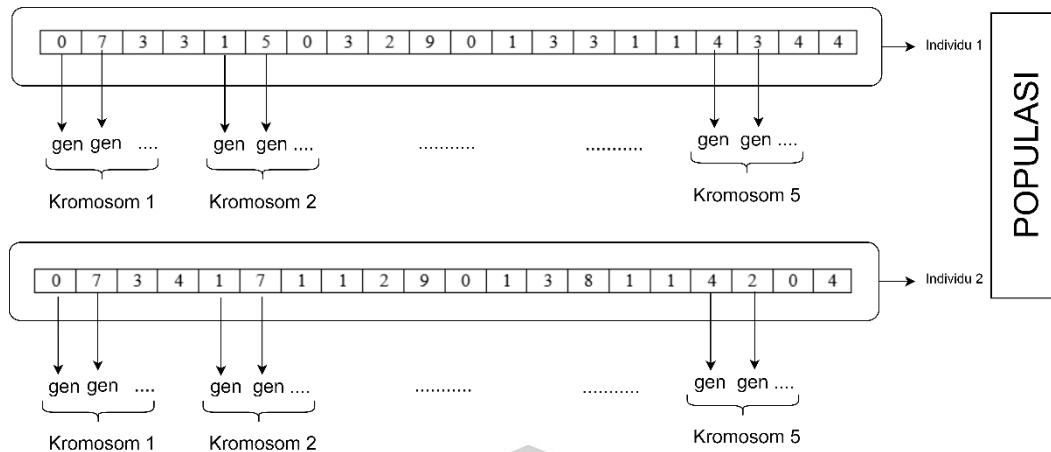
3.1.1 Proses Algoritma Genetika dalam Penjadwalan Mata Pelajaran

Algoritma genetika merupakan algoritma yang mengadopsi teori seleksi alam. Algoritma ini dapat mengoptimalkan solusi dari berbagai permasalahan yang dihadapi, salah satunya adalah optimasi pada sistem penjadwalan[18]. Sistem penjadwalan yang dibuat mengikuti diagram alir siklus algoritma genetika, yaitu membangkitkan populasi awal, evaluasi *fitness*, seleksi individu, *crossover*, mutasi, dan regenerasi. Proses penerapan algoritma genetika dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembangkitan Populasi Awal

Dalam proses pembangkitan populasi awal untuk algoritma genetika, terdapat beberapa entitas yang disebut sebagai gen dalam pembentukan kromosom, yaitu jam, hari, ruang, dan guru mata pelajaran[19]. Kumpulan gen ini kemudian membentuk sebuah kromosom, yang selanjutnya membentuk individu. Dalam penelitian ini, kromosom yang terbentuk sebanyak jumlah guru mata pelajaran. Setiap individu yang terbentuk adalah sebuah jadwal yang dibangkitkan secara acak dan belum memenuhi *hard constraints* yang ditetapkan.

Populasi awal terdiri dari beberapa individu, di mana setiap individu mewakili solusi penjadwalan yang mungkin. Setiap individu direpresentasikan sebagai kromosom yang terdiri dari gen-gen yang mewakili penempatan mata pelajaran, guru, dan ruang dalam slot waktu tertentu. Dengan demikian, setiap kromosom mewakili satu solusi penjadwalan lengkap yang mencakup semua aspek penjadwalan[20]. Sebagai contoh, populasi yang dibangkitkan dengan jumlah populasi awal adalah 2 individu, tampak seperti pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Contoh Populasi Awal

Gambar 5 menunjukkan populasi awal dalam algoritma genetika, di mana gen-gen pada kromosom 1 mencakup kode guru, kode mata pelajaran, kode hari, dan kode jam. Misalnya, guru dengan ID = 0 mengajar mata pelajaran dengan kode 7 pada hari 3 dan jam 4. Kromosom ini membentuk individu yang merupakan calon jadwal. Populasi awal terdiri dari beberapa individu, masing-masing mewakili solusi penjadwalan potensial. Setiap individu direpresentasikan sebagai kromosom yang terdiri dari gen-gen tersebut. Dengan membangkitkan populasi awal secara acak, algoritma genetika dapat mengeksplorasi berbagai kemungkinan solusi, yang kemudian dioptimalkan melalui evaluasi fitness, seleksi individu, crossover, dan mutasi. Tujuannya adalah menemukan solusi penjadwalan optimal di SD Islam Terpadu Darussalam, dengan meminimalkan konflik waktu, memaksimalkan preferensi guru, dan memastikan penggunaan ruang kelas yang efisien.

2. Evaluasi *Fitness*

Evaluasi *fitness* dilakukan untuk menentukan seberapa baik setiap individu memenuhi kriteria yang diinginkan. Setiap individu dievaluasi berdasarkan pelanggaran *constraint* yang diidentifikasi, baik *hard constraints* maupun *soft constraints*.

Hard Constraints:

- Guru tidak dapat mengajar di dua tempat pada waktu yang sama.
- Sebuah ruang tidak boleh digunakan oleh lebih dari satu mata pelajaran pada waktu yang sama.
- Sebuah kelas hanya dapat mengikuti satu mata pelajaran pada satu waktu.

Soft Constraints:

- Preferensi waktu mengajar guru.
- Tidak ada pengajaran selama waktu sholat.

3. Seleksi Individu

Seleksi individu adalah tahap penting dalam algoritma genetika, di mana individu-individu terbaik dipilih untuk menjadi orang tua (*parents*) yang akan menghasilkan keturunan (*offspring*) dalam generasi berikutnya. Seleksi ini bertujuan untuk mempertahankan solusi yang memiliki kualitas terbaik berdasarkan nilai *fitness*.

Tabel 2. Seleksi Individu

No	Individu	Penalti	Jumlah Penalti
1	[0,7,3,3],[1,5,3,3],[2,9,0,1],[3,9,0,1],[4,3,4,4]	Bentrok hari, bentrok jam, bentrok guru	3
2	[0,7,4,3],[1,8,1,1],[2,9,1,0],[3,8,1,2],[4,2,0,1]	Bentrok jam	1
3	[0,7,3,3],[1,10,3,2],[2,1,0,3],[3,2,0,2],[4,2,4,4]	Bentrok guru, bentrok hari, bentrok jam	4
4	[0,9,1,3],[1,5,3,3],[2,9,3,2],[3,8,2,1],[4,5,1,4]	Bentrok jam karena tidak terdapat mata pelajaran	2

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, nilai *fitness* terkecil diperoleh oleh individu ke-2, diikuti oleh individu ke-4. Kedua individu ini akan digunakan dalam proses selanjutnya, yaitu *crossover*. Pemilihan individu dengan nilai *fitness* terkecil ini bertujuan untuk memastikan bahwa solusi terbaik diteruskan ke generasi berikutnya, sehingga meningkatkan peluang untuk mendapatkan jadwal pelajaran yang lebih optimal.

4. Crossover

Dalam penelitian ini, metode *crossover* yang digunakan adalah random *crossover*. Proses ini dimulai dengan menghasilkan bilangan bulat acak dari 0 hingga 1 sebanyak jumlah kromosom yang ada[21]. Jika bilangan acak yang dihasilkan lebih besar dari probabilitas *crossover*, maka kromosom tersebut akan mengalami pindah silang (*crossover*) dengan kromosom dari individu lain yang telah terpilih. Sebaliknya, jika bilangan acak yang dihasilkan lebih kecil dari probabilitas *crossover*, maka kromosom tersebut tidak mengalami proses pindah silang. Sebagai ilustrasi, Tabel 3 menunjukkan contoh proses *crossover* pada dua individu (*parents*) dengan probabilitas *crossover* sebesar 0,7.

Tabel 3. Proses Crossover Pada Dua Buah Individu (*Parents*)

	Parent 1					Parent 2				
Kromosom	[0,7,4,3]	[1,8,1,1]	[2,9,0,1]	[3,8,1,2]	[4,2,0,1]	[0,9,1,3]	[1,5,3,3]	[2,9,3,2]	[3,8,2,1]	[4,5,1,4]
Acak	0,5	0,1	0,8	0,9	0,7	0,5	0,1	0,8	0,9	0,7
Ket	Tidak	Tidak	Cross	Cross	Cross	Tidak	Tidak	Cross	Cross	Cross

Pada tabel 4 bilangan acak dalam rentang [0, 1] dihasilkan untuk setiap kromosom pada individu, misalnya pada *parent* 1. Bilangan acak yang dihasilkan terlihat pada tabel, di mana bilangan acak untuk *parent* 2 mengikuti bilangan acak yang dihasilkan untuk *parent* 1. Kromosom yang mengalami proses *crossover* adalah kromosom 3, kromosom 4, dan kromosom 5, karena bilangan acak yang dihasilkan untuk kromosom-kromosom tersebut

lebih besar dari probabilitas *crossover*. Hasil dari proses *crossover* ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kromosom Yang Mengalami *Crossover*

	Child 1 Hasil Crossover					Child 2 Hasil Crossover				
Kromosom	[0,7,4,3]	[1,8,1,1]	[2,9,3,2]	[3,8,2,1]	[4,5,1,4]	[0,9,1,3]	[1,5,3,3]	[2,9,0,1]	[3,8,1,2]	[4,2,0,1]

Berdasarkan hasil dari Tabel 4, proses mutasi atau perubahan materi genetik diterapkan pada *child 1* dan *child 2*. Proses mutasi ini bertujuan untuk memperkenalkan variasi baru dalam populasi dengan mengubah sebagian kecil dari materi genetik (gen) anak-anak tersebut. Mutasi dilakukan setelah proses *crossover* untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan lebih beragam dan memiliki peluang lebih tinggi untuk menemukan solusi optimal.

5. Mutasi

Proses mutasi adalah proses perubahan materi genetik. Dalam penelitian ini, materi genetik yang terlibat dalam proses mutasi meliputi gen hari, gen jam, dan gen ruang. Proses mutasi dilakukan dengan menetapkan probabilitas mutasi dan kemudian menghasilkan bilangan acak antara 0 dan 1[19]. Jika bilangan acak yang dihasilkan lebih besar dari probabilitas mutasi, maka gen tersebut akan mengalami proses mutasi. Sebagai contoh, jika probabilitas mutasi ditetapkan sebesar 0,4 dan bilangan acak yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, maka kromosom yang akan mengalami mutasi adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Kromosom Yang Akan Mengalami Mutasi

	Mutan 1 Sebelum Mutasi					Mutan 2 Sebelum Mutasi				
Kromosom	[0,7,4,3]	[1,8,1,1]	[2,9,3,2]	[3,8,2,1]	[4,5,1,4]	[0,9,1,3]	[1,5,3,3]	[2,9,0,1]	[3,8,1,2]	[4,2,0,1]
Acak	0,4	0,1	0,2	0,5	0,9	0,1	0,5	0,1	0,4	0,5
Ket	Mutasi	Tidak	Tidak	Mutasi	Mutasi	Tidak	Mutasi	Tidak	Mutasi	Mutasi

Pada Mutan 1, kromosom 1, kromosom 4, dan kromosom 5 mengalami mutasi, sedangkan pada Mutan 2, kromosom 2, kromosom 4, dan kromosom 5 yang mengalami mutasi. Dengan demikian, materi genetik terkait hari dan jam mengalami mutasi pada kromosom-kromosom yang memenuhi syarat mutasi. Contoh hasil dari proses mutasi ini dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Mutasi

	Mutan 1 Sebelum Mutasi					Mutan 2 Sebelum Mutasi				
Kromosom	[0,7,3,3]	[1,8,1,1]	[2,9,3,2]	[3,8,4,1]	[4,5,5,2]	[0,9,1,3]	[1,5,5,1]	[2,9,0,1]	[3,8,1,7]	[4,12,1,4]

Proses mutasi merupakan tahap akhir dari siklus algoritma genetika dalam suatu generasi. Setelah mutasi dilakukan, hasilnya akan dievaluasi untuk menentukan nilai *fitness*-nya. Jika *fitness* hasil mutasi tersebut tergolong baik, maka mutan 1 atau mutan 2 akan dimasukkan ke dalam populasi untuk digunakan dalam siklus generasi berikutnya. Siklus algoritma genetika ini akan terus berlanjut hingga ditemukan individu terbaik, yang dalam konteks ini berarti jadwal yang memenuhi semua *hard constraint* dan *soft constraint*.

3.1.2 Uji Coba Waktu Komputasi

Uji coba waktu komputasi bertujuan untuk menemukan set algoritma genetika yang mampu menghasilkan jadwal perkuliahan dalam waktu singkat dengan tingkat optimasi yang tinggi. Uji coba ini dilakukan dengan memvariasikan nilai probabilitas mutasi (P_m) dan probabilitas crossover (P_c) pada lima ukuran populasi yang berbeda, yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50. Nilai P_m yang digunakan adalah 0.2, 0.4, dan 0.6, sedangkan nilai P_c yang digunakan adalah 0.5, 0.7, dan 0.9. Waktu yang dibutuhkan untuk proses penjadwalan menggunakan algoritma genetika berdasarkan variasi P_c dan P_m serta ukuran populasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Durasi *Generate* Penjadwalan Perkuliahan

Jumlah Populasi	Set Algoritma		
	$P_m=0,2$ $P_c=0,5$	$P_m=0,4$ $P_c=0,7$	$P_m=0,6$ $P_c=0,9$
10	00:12:30	00:12:45	00:13:00
20	00:17:45	00:18:00	00:18:15
30	00:24:15	00:24:30	00:24:45
40	00:28:50	00:29:05	00:29:20
50	00:34:25	00:34:40	00:34:55

Berdasarkan Tabel 7, hasil uji coba durasi generate penjadwalan perkuliahan menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah populasi dan nilai probabilitas mutasi (P_m) serta probabilitas crossover (P_c). Untuk setiap ukuran populasi yang berbeda (10, 20, 30, 40, dan 50), durasi terpendek tercatat pada kombinasi $P_m = 0.2$ dan $P_c = 0.5$, sedangkan durasi terpanjang tercatat pada kombinasi $P_m = 0.6$ dan $P_c = 0.9$. Sebagai contoh, untuk populasi 10, durasi terpendek adalah 00:12:30 dan terpanjang adalah 00:13:00. Peningkatan populasi dari 10 hingga 50 menunjukkan peningkatan durasi yang konsisten, menekankan pentingnya optimasi nilai P_m dan P_c untuk efisiensi waktu komputasi dalam penjadwalan perkuliahan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis penerapan algoritma genetika dalam sistem penjadwalan mata pelajaran di SD Islam Terpadu Darussalam, disimpulkan bahwa sistem penjadwalan yang dirancang menggunakan algoritma genetika dapat mengoptimalkan proses penjadwalan dengan waktu yang relatif singkat dan tanpa bentrok. Durasi tercepat untuk penjadwalan adalah 00:12:17 dengan populasi 10, P_m 0,4, dan P_c 0,7. Algoritma genetika terbukti efektif untuk proses penjadwalan mata pelajaran yang akurat, cepat, efisien, dan efektif.

5. SARAN

Untuk mengatasi kekurangan dalam penelitian ini, disarankan untuk melakukan sebagai berikut :

- 1) Lakukan validasi hasil dengan eksperimen tambahan yang melibatkan berbagai skenario dan ukuran populasi yang lebih besar.
- 2) Analisis kualitas hasil penjadwalan untuk setiap kombinasi parameter, tidak hanya fokus pada durasi generate.
- 3) Mengembangkan dengan menggunakan algoritma lain yang lebih adaptif dan dapat menyesuaikan nilai P_m dan P_c secara dinamis berdasarkan performa selama iterasi algoritma tersebut.
- 4) Eksplorasi teknik optimasi lainnya, seperti algoritma *swarm intelligence* atau *simulated annealing* untuk membandingkan kinerja dengan algoritma genetika dalam penjadwalan mata pelajaran/kuliah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. P. Swari, C. A. Putra, and I. P. S. Handika, "Analisis Perbandingan Algoritma Genetika dan Modified Improved Particle Swarm Optimization dalam Penjadwalan Mata Kuliah," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 2, pp. 92–101, 2022, doi: 10.23887/janapati.v11i2.49061.
 - [2] F. Mone and J. E. Simarmata, "Aplikasi Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Kuliah," *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 15, no. 4, pp. 615–628, 2021, doi: 10.30598/barekengvol15iss4pp615-628.
 - [3] R. Hartono and A. Zein, "Penerapan Algoritma Genetika Dan Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Penjadwalan Mata Kuliah Studi Kasus : Prodi Sistem Informasi Universitas Pamulang," *J. Ilmu Komput.*, vol. VI, no. 03, pp. 6–10, 2023.
 - [4] A. P. Pambudi, A. Waluyo, and E. V. L. N. Fatich, "Perancangan Sistem Penjadwalan Perkuliahan Berbasis Website Menggunakan Algoritma Genetika," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 8, no. 3, pp. 1133–1146, 2021.
 - [5] Putri Afifah Rizki, Yeka Hendriyani, D. Novaliendry, and K. Budayawan, "Rancang Bangun Aplikasi Penjadwalan Mata Pelajaran SMK Muhammadiyah 1 Pekanbaru Berbasis Web Menggunakan Algoritma Genetika," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 7, no. 3, pp. 24787–24798, 2023.
 - [6] R. Christian and D. S. Donoriyanto, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Kuliah Program Studi Teknik Industri Upn "Veteran" Jawa Timur," *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 16, no. 2, pp. 1–12, 2021, doi: 10.33005/tekmapro.v16i2.157.
 - [7] H. Azhari, I. Jangcik, and D. Gusmaliza, "Sistem Penjadwalan Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika Di Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Kota Pagar Alam," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 2, pp. 2064–2069, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9302.
 - [8] T. K. Jeriko, D. F. Racma, C. E. Widjayanti, and A. A. Setyawan, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Sistem Informasi Penjadwalan Mata Kuliah Berbasis Website Pada STIKOM Yos Sudarso Purwokerto," *J. Muara Sains, Teknol. Kedokt. dan Ilmu Kesehat.*, vol. 6, no. 1, pp. 101–118, 2022.
 - [9] S. D. K. Rasmila, "Optimalisasi Sistem Penjadwalan Mata Kuliah Jurusan Bahasa Inggris Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus Politeknik Negeri Sriwijaya)," *J. Jupiter*, vol. 14, no. 2, pp. 22–31, 2022.
 - [10] A. Sahputro, "Sistem Informasi Akademik SMA Negeri 1 Pandaan Berbasis Web Menggunakan Algoritma Round Robin," Universitas Pembangunan Nasional "Veteran," 2022. [Online]. Available: <https://repository.upnjatim.ac.id/10788/>
 - [11] H. Ardiansyah and M. B. S. Junianto, "Penerapan Algoritma Genetika untuk Penjadwalan Mata Pelajaran," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 329, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3418.
 - [12] A. Nurseptaji, "Implementasi Metode Waterfall Pada Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan," *J. Dialekt. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 49–57, 2021, doi: 10.24176/detika.v1i2.6101.
 - [13] D. S. Purnia, A. Rifai, and S. Rahmatullah, "Penerapan Metode Waterfall dalam Perancangan Sistem Informasi Aplikasi Bantuan Sosial Berbasis Android," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.* 2019, vol. 1, no. 10, pp. 1–7, 2019.
 - [14] A. Nugroho, W. Priatna, and I. Romli, "Implementasi Algoritma Genetika untuk Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah," *J. Penelit. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 188–194, 2019.
 - [15] D. Bramantya, P. S. Informatika, U. Udayana, and B. Jimbaran, "Implementasi Dua Model Crossover Pada Algoritma Genetika," *J. Resist.*, vol. 4, no. 2, pp. 167–177, 2021.
 - [16] A. Rahman, E. Utami, and S. Sudarmawan, "Sentimen Analisis Terhadap Aplikasi pada Google Playstore Menggunakan Algoritma Naïve Bayes dan Algoritma Genetika," *J. Komtika (Komputasi dan Inform.)*, vol. 5, no. 1, pp. 60–71, 2021, doi: 10.31603/komtika.v5i1.5188.
-

-
- [17] D. Wahyuningsih and E. Helmud, "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penjadwalan pada MTS Negeri 1 Pangkalpinang," *J. Sisfokom (Sistem Inf. dan Komputer)*, vol. 9, no. 3, pp. 435–441, 2020, doi: 10.32736/sisfokom.v9i3.994.
- [18] R. S. A. Mahendra, A. F. Cobantoro, and Nurwanto, "Rancang Bangun Aplikasi Management Penjadwalan Perkuliahan Dengan Algoritma Genetika Berbasis Website," *J. Rekayasa Teknol. dan Komputasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [19] N. Amini, T. H. Saragih, M. R. Faisal, A. Farmadi, and F. Abadi, "Implementasi Algoritma Genetika Untuk Seleksi Fitur Pada Klasifikasi Genre Musik Menggunakan Metode Random Forest," *J. Inform. Polinema*, vol. 9, no. 1, pp. 75–82, 2022, doi: 10.33795/jip.v9i1.1028.
- [20] M. Irfan, M. Lubis, and Z. Masruro, "Implementation of Genetic Algorithm for Subject Scheduling at SD Taman Cahya Pematangsiantar," *JOMLAI J. Mach. Learn. Artif. Intell.*, vol. 1, no. 2, pp. 2828–9099, 2022, doi: 10.55123/jomlai.v1i2.940.
- [21] R. Salman, Suprpto, and Irfandi, "Analisis Pengaruh Probabilitas Crossover Terhadap Kinerja Algoritma Genetika Dalam Optimasi Penjadwalan Matakuliah," *J. Teknoif Tek. Inform. Inst. Teknol. Padang*, vol. 11, no. 2, pp. 69–74, 2023, doi: 10.21063/jtif.2023.v11.2.69-74.

