

Penerapan Algoritma Genetika Pada Aplikasi Optimasi Penentuan Kelompok KKM Reguler UIN Maliki Berbasis Web

Adi Novendra Putra, Nurizal Dwi Priandani*

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Informatika, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang, Indonesia

Email: ¹1220605110102@student.uin-malang.ac.id, ²*nd.priandani@uin-malang.ac.id

Email Penulis Korespondensi: nd.priandani@uin-malang.ac.id

Submitted 27-04-2026; Accepted 12-05-2026; Published 30-06-2026

Abstrak

Penelitian ini menerapkan algoritma genetika pada aplikasi berbasis web untuk mengoptimalkan pembentukan kelompok KKM Reguler di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Kontribusi penelitian ini terletak pada perumusan aturan constraint yang mengikuti kebutuhan pembagian kelompok KKM, sehingga fungsi fitness yang dibangun memiliki perbedaan dibandingkan fungsi fitness pada studi sebelumnya. Pembentukan kelompok mempertimbangkan empat *constraint*, yaitu terdapat minimal satu anggota HTQ pada setiap kelompok, rasio duplikasi jurusan yang rendah, proporsi jenis kelamin yang sesuai dengan distribusi data, dan jumlah anggota kelompok yang merata. Penelitian ini juga mengintegrasikan algoritma tersebut ke dalam aplikasi berbasis web agar proses pembentukan kelompok tidak hanya menghasilkan solusi yang optimal, tetapi juga memberikan manfaat yang lebih nyata melalui sistem yang interaktif dan memiliki tingkat ketergunaan yang tinggi. Antarmuka sistem dikembangkan menggunakan Laravel pada sisi *front-end*. Proses komputasi dijalankan menggunakan Python pada sisi *back-end*. Sistem menangani waktu komputasi algoritma genetika yang relatif lama dengan menerapkan mekanisme *flag* proses pada basis data agar proses tidak menimbulkan *request timeout*. Pengujian dilakukan terhadap parameter *Popsiz*e, *Generation*, *Crossover Rate*, dan *Mutation Rate* untuk memperoleh konfigurasi terbaik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem menghasilkan solusi terbaik pada konfigurasi *Popsiz*e 70, *Generation* 400, *Crossover Rate* 0,5, dan *Mutation Rate* 0,5 dengan nilai rata-rata *fitness* sebesar 0,983684211. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem meningkatkan jumlah kelompok yang memenuhi seluruh kriteria yang semula 82 kelompok menjadi 177 kelompok setelah optimasi. Dengan demikian, algoritma genetika mampu menghasilkan pembentukan kelompok KKM yang lebih optimal, terstruktur, dan sesuai dengan kebutuhan institusi melalui implementasi sistem berbasis web yang interaktif.

Kata Kunci: Optimasi; Algoritma Genetika; KKM Reguler; Optimasi Kelompok; Aplikasi Web

Abstract

A genetic algorithm was implemented in a web-based application to optimize the formation of Regular KKM groups at UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. The main contribution of this study was reflected in the formulation of constraint rules that were aligned with the requirements of KKM group assignment, so that a fitness function different from those used in previous studies was established [15]. Group formation was carried out by considering four constraints, namely the presence of at least one HTQ member in each group, a low ratio of duplicated majors within a group, a gender proportion aligned with the data distribution, and an even number of members across groups. In addition, the algorithm was integrated into a web-based application so that the group formation process was not only optimized, but also supported by a more interactive system with a high level of usability. The system interface was developed using Laravel on the front-end side. The computational process was executed using Python on the back-end side. The relatively long computation time of the genetic algorithm was handled by applying a flagging-process mechanism in the database so that request timeouts could be avoided. Parameter testing was conducted on *Popsiz*e, *Generation*, *Crossover Rate*, and *Mutation Rate* to obtain the best configuration. The test results showed that the best solution was produced at the configuration of *Popsiz*e 70, *Generation* 400, *Crossover Rate* 0.5, and *Mutation Rate* 0.5, with an average fitness value of 0.983684211. The evaluation results showed that the number of groups fulfilling all criteria was increased from 82 groups to 177 groups after optimization. Thus, a more optimal, structured, and institutionally appropriate KKM group formation was achieved through the implementation of an interactive web-based system using a genetic algorithm.

Keywords: Optimization; Genetic Algorithm; KKM Regular; Group Optimization; Web Application.

1. PENDAHULUAN

Kuliah Kerja Mahasiswa (KKM) merupakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan oleh mahasiswa dalam kegiatan intrakurikuler yang memadukan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Melalui kegiatan KKM, mahasiswa mengimplementasikan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk melatih kemampuan mereka dalam memecahkan berbagai persoalan di masyarakat, mengembangkan potensi, dan menumbuhkan keberpihakan terhadap masyarakat marginal. Pada tahun akademik 2024/2025 KKM Reguler Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang (UIN Malang) mengangkat tema “Moderasi Beragama, Pencegahan Stunting, Kemiskinan Ekstrem, dan Parenting” [1].

Berdasarkan wawancara dengan Kepala Pusat Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, pengelompokan KKM Reguler UIN Malang dilaksanakan secara manual oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M). Proses ini menghadapi berbagai tantangan dalam mencapai susunan kelompok yang ideal. Menurut kriteria LP2M, setiap kelompok harus memenuhi 4 kriteria, yakni: (1) minimal memiliki satu anggota dari program Hai’ah Tahfizh Al-Qur’an (HTQ); (2) sedikit duplikasi jurusan di dalam 1 kelompok; (3) proporsi jenis kelamin yang seimbang; dan (4) jumlah anggota setiap kelompok harus merata. Namun, penerapan kriteria tersebut tidak selalu mudah dilakukan ketika proses pengelompokan dilakukan secara manual. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, pendekatan yang dapat digunakan adalah menggunakan metode metaheuristic, dalam hal ini adalah Algoritma Genetika.

Algoritma metaheuristik merupakan algoritma optimasi yang terinspirasi oleh fenomena alam, seperti genetika, perilaku kawanan, dan evolusi, untuk menemukan solusi optimum global pada masalah kompleks melalui penjelajahan ruang pencarian yang luas [2]. Algoritma ini memecahkan masalah pengelompokan dengan menjelajahi ruang solusi melalui berbagai strategi seperti pencarian tetangga, proses evolusi, dan teknik swarm dengan menghasilkan solusi kandidat yang dievaluasi kualitasnya lalu diperbaiki secara berulang menggunakan operator seperti mutasi, persilangan, atau gerakan terinspirasi komunikasi sosial [3]. Algoritma Genetika merupakan salah satu metode metaheuristik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi dan pencarian solusi. Metode ini mengadopsi prinsip evolusi biologis melalui seleksi alam dengan memodifikasi representasi solusi secara bertahap hingga diperoleh solusi yang lebih baik [4].

Algoritma genetika menjadi salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk menjawab kebutuhan aktivitas pada bidang pendidikan, pelayanan publik, logistik, dan pengambilan keputusan. Algoritma ini bekerja melalui representasi kromosom, evaluasi *fitness*, seleksi, *Crossover*, dan mutasi untuk membentuk solusi yang semakin baik dari satu generasi ke generasi berikutnya [5], [6]. Penerapan algoritma genetika pada sistem pakar pemilihan karier menunjukkan bahwa metode ini dapat membantu proses rekomendasi karier siswa secara lebih terarah berdasarkan karakteristik kepribadian pengguna [7]. Penerapan algoritma genetika pada penjadwalan sidang tugas akhir berbasis web, penjadwalan mata pelajaran di sekolah, dan optimalisasi pelayanan kependudukan juga menunjukkan bahwa metode ini mampu menyusun jadwal secara lebih efisien, lebih terstruktur, dan lebih adaptif terhadap berbagai batasan operasional [8], [9], [10]. Algoritma genetika juga digunakan pada penentuan rute distribusi BBM dimana menunjukkan bahwa metode ini juga efektif untuk mencari rute terbaik pada persoalan distribusi yang menuntut efisiensi jarak tempuh [11].

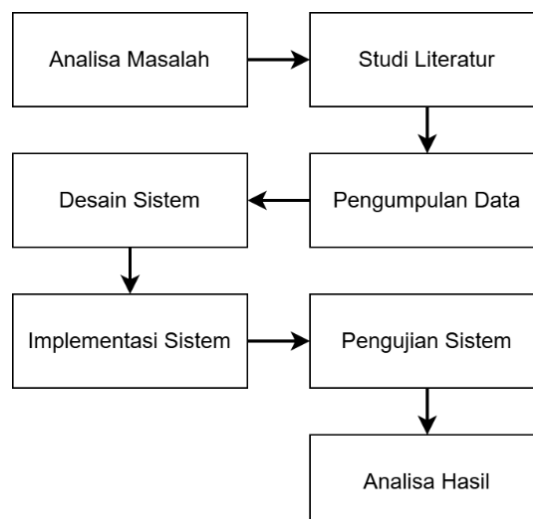
Pada bahasan pembentukan kelompok, algoritma genetika juga telah dimanfaatkan untuk menyeimbangkan komposisi anggota berdasarkan latar belakang pengetahuan, karakteristik belajar, dan kriteria institusional yang harus dipenuhi secara bersamaan [12]-[15]. Pendekatan algoritma genetika untuk pengelompokan menunjukkan bahwa pembentukan kelompok heterogen dapat ditingkatkan kualitasnya melalui distribusi anggota yang lebih seimbang [12]. Pendekatan GANOVA menunjukkan bahwa algoritma genetika dapat dipadukan dengan ANOVA untuk membentuk kelompok yang memiliki komposisi lebih setara [13]. Algoritma genetika juga efektif digunakan untuk mengoptimalkan pengelompokan mahasiswa berdasarkan berbagai karakteristik, sehingga mampu membentuk kelompok belajar yang lebih seimbang dan berpotensi meningkatkan proses kolaboratif serta kualitas pembelajaran [14]. Pada konteks pengelompokan mahasiswa KKN, penerapan algoritma genetika mampu menghasilkan susunan kelompok dengan nilai *fitness* yang tinggi meskipun sistem harus memenuhi beberapa *constraint* sekaligus [15].

Penelitian ini menerapkan algoritma genetika sebagai pendekatan optimasi untuk pembentukan kelompok KKM di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Kontribusi penelitian ini terletak pada perumusan aturan *constraint* yang mengikuti kebutuhan pembagian kelompok KKM, sehingga fungsi *fitness* yang dibangun memiliki perbedaan dibandingkan fungsi *fitness* pada studi sebelumnya [15]. Penelitian ini juga mengintegrasikan algoritma tersebut ke dalam aplikasi berbasis web agar proses pembentukan kelompok tidak hanya menghasilkan solusi yang optimal, tetapi juga memberikan manfaat yang lebih nyata melalui sistem yang interaktif dan memiliki tingkat ketergunaan yang tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Gambar 1 menyajikan alur penelitian mulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Rancangan penelitian digunakan sebagai acuan pelaksanaan tahapan penelitian yang meliputi analisis masalah, studi literatur, pengumpulan data, desain sistem, implementasi sistem, pengujian sistem dan analisa hasil. Tujuan penyusunan desain tersebut untuk memastikan setiap tahapan terlaksana secara sistematis serta mempermudah pemantauan dan evaluasi proses penelitian.



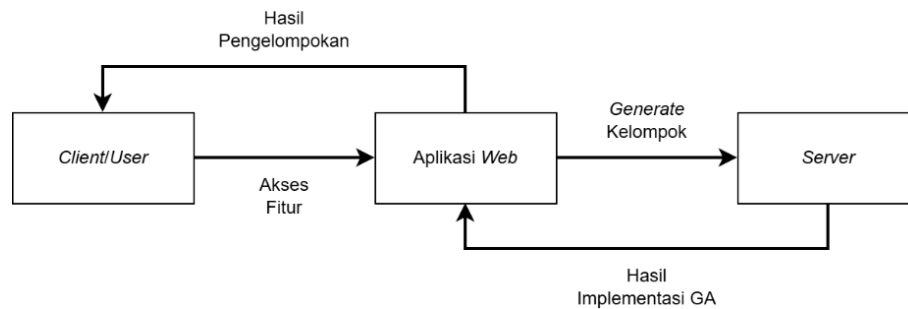
Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam proses analisis, perancangan, dan pengujian sistem pembagian kelompok KKN. Data yang dikumpulkan berasal dari berbagai sumber, baik primer maupun sekunder, untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan kondisi nyata di lapangan. Untuk mengetahui kriteria/*constraint* pengelompokan diperoleh melalui wawancara dengan Kepala Pusat Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Data penelitian diperoleh dari PTIPD UIN Maulana Malik Ibrahim Malang berupa *dataset* mahasiswa peserta KKM Reguler pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025.

2.3 Desain Sistem

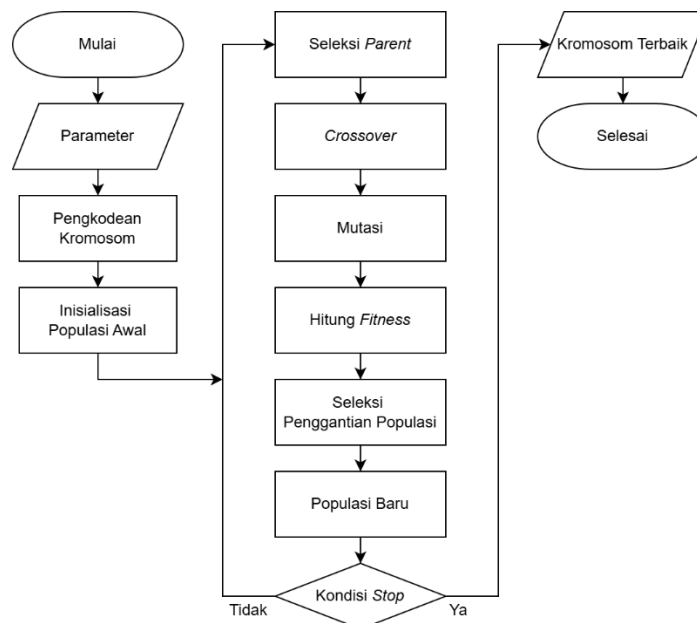
Aplikasi penentuan kelompok KKM berbasis web yang terdiri atas 3 komponen utama, yaitu pengguna, aplikasi web, dan server. Gambar 2 ditampilkan rancangan sistem dalam bentuk diagram blok aplikasi penentuan kelompok KKM. Pada sisi pengguna, admin mengakses aplikasi melalui peramban web untuk melakukan login, mengelola data mahasiswa, serta mengatur parameter pembentukan kelompok. Pengguna mengakses aplikasi web yang berfungsi sebagai penghubung antara antarmuka pengguna dengan logika sistem, kemudian diteruskan ke server untuk diproses. Pada sisi server, sistem menjalankan logika utama aplikasi yakni optimasi pembentukan kelompok KKM menggunakan algoritma genetika. Hasil pemrosesan berupa susunan kelompok KKM dikembalikan ke aplikasi web dan ditampilkan kepada pengguna. Secara sederhana, meskipun sistem berbasis aplikasi web, seluruh proses komputasi dan penerapan algoritma genetika dilakukan pada sisi server, sedangkan aplikasi web berfungsi sebagai media interaksi dan visualisasi hasil kepada pengguna.



Gambar 2. Desain Sistem

2.4 Algoritma Genetika

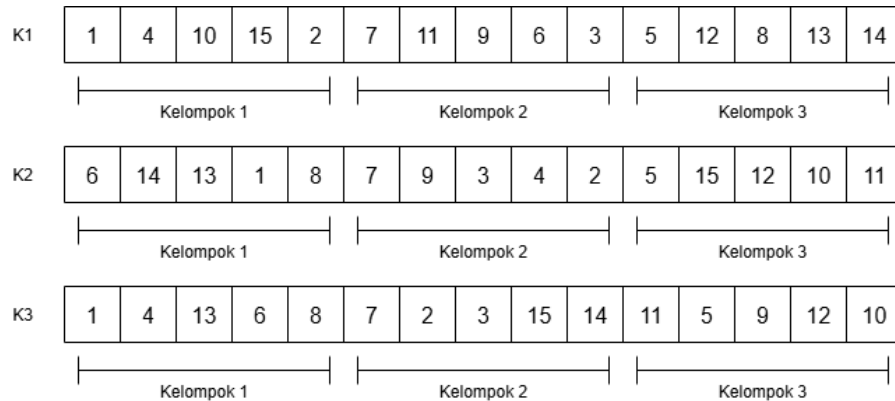
Proses penentuan kelompok KKM Reguler menggunakan algoritma genetika yang ditampilkan pada Gambar 3. Konsep Algoritma Genetika dalam penelitian ini dimulai dengan membentuk populasi awal yang berisi representasi solusi pengelompokan. Setiap individu dalam populasi tersebut dinilai menggunakan fungsi *fitness* yang mengukur kualitas pengelompokan. Proses seleksi, *Crossover*, dan mutasi kemudian dilakukan untuk menghasilkan generasi baru yang diharapkan memiliki kualitas pengelompokan lebih baik. Siklus ini berulang hingga ditemukan solusi optimal atau mendekati optimal [4].



Gambar 3. Tahapan Algoritma Genetika

2.4.1 Representasi Kromosom

Representasi kromosom algoritma genetika yang digunakan adalah representasi permutasi. Gambar 4 ditunjukkan contoh individu yang dibangkitkan dengan representasi permutasi. Dalam 1 individu terdapat beberapa gen yang direpresentasikan dalam bentuk angka-angka. Setiap angka dalam setiap kromosom mewakili ID mahasiswa. Satu kromosom atau susunan gen mewakili sebuah ID mahasiswa berdasarkan letak urutannya akan dibagi setiap segmen kelompok. Dimisalkan sebuah kromosom K1 tersusun dengan susunan gen 1 4 10 15 2 7 11 9 6 3 5 12 8 13 14. Kromosom K1 mempunyai arti setiap urutan segmentasi kelipatan variabel jumlah_anggota (A) mewakili pembagian kelompok KKM Reguler.



Gambar 3. Contoh Individu

2.4.2 Nilai *Fitness*

Nilai *fitness* pada setiap aturan bersifat biner dimana akan bernilai 1 jika aturan terpenuhi dan 0 jika aturan tidak terpenuhi. Aturan terkait proporsi kelamin dan jumlah anggota kelompok dihitung dengan merujuk pada karakteristik data penelitian. Proporsi jenis kelamin ditentukan dari perbandingan jumlah mahasiswa laki-laki dan perempuan dalam *dataset*, sedangkan jumlah anggota kelompok ditentukan berdasarkan banyaknya mahasiswa dalam *dataset* dibagi dengan jumlah kelompok yang akan dibentuk. Pemenuhan setiap aturan pada setiap kandidat solusi menjadi komponen yang digabungkan dalam perhitungan *fitness* total untuk mengevaluasi kualitas pembagian kelompok.

Setiap kelompok dievaluasi terhadap 4 *constraint*. Nilai total *fitness* individu diperoleh dengan menjumlahkan skor biner dari seluruh kelompok sehingga nilai yang lebih tinggi menandakan solusi yang lebih optimal. Proses evaluasi fungsi *fitness* dinyatakan sebagai jumlah indikator pemenuhan 4 *constraint* pada setiap kelompok sebagaimana dirumuskan pada persamaan (1).

$$fitness = \frac{\sum_{g=1}^K \sum_{i=1}^4 C_{g,i}}{K \times 4}, \quad \text{dengan } C_{g,i} \in \{0,1\} \quad (1)$$

Keterangan:

- K : Jumlah kelompok (total kelompok yang akan dibentuk)
- g : Indeks kelompok, $g = 1, 2, \dots, K$
- i : Indeks *constraint*, $i \in \{1, 2, 3, 4\}$
- $C_{g,i}$: Indikator biner untuk *constraint* ke- i pada kelompok g

2.4.3 Input Parameter

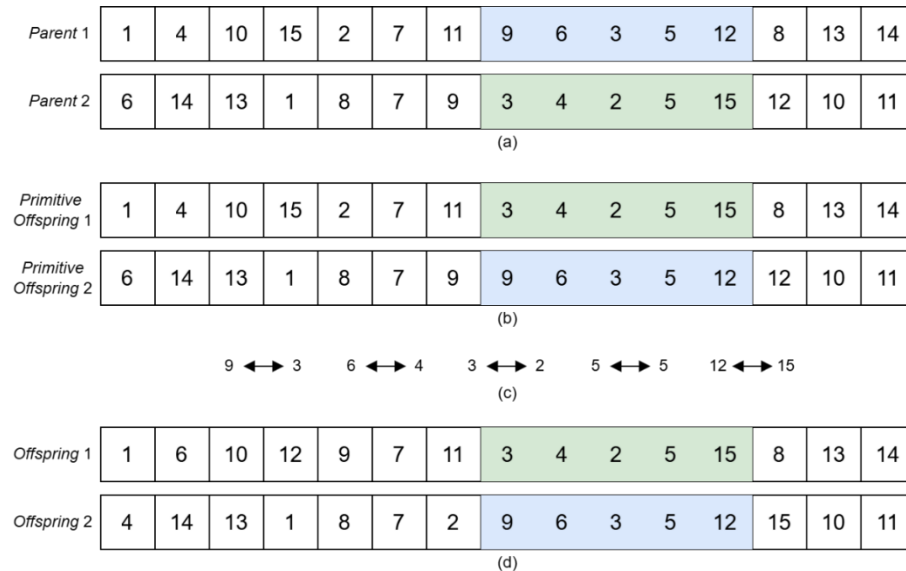
Parameter utama Algoritma Genetika seperti *Popsi*, *Generation*, *Crossover Rate* (Cr), dan *Mutation Rate* (Mr) digunakan sebagai *input*. Selain parameter utama Algoritma Genetika, penelitian ini menambahkan parameter Jumlah Kelompok untuk menyesuaikan tujuan khusus penentuan kelompok KKM Reguler. Seluruh parameter tersebut dapat diatur melalui antarmuka sistem sebelum proses optimasi dijalankan. Tabel 1 menyajikan parameter *input* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. *Input Parameter*

No	Parameter	Keterangan
1.	<i>Popsi</i>	Banyaknya individu yang dilibatkan pada setiap generasi
2.	Cr	Kemungkinan terjadinya persilangan (<i>Crossover</i>) pada suatu generasi
3.	Mr	Kemungkinan terjadinya mutasi pada setiap individu
4.	<i>Generation</i>	Banyaknya generasi yang akan dibentuk atau iterasi Algoritma Genetika
5.	Jumlah Kelompok	Jumlah kelompok KKM Reguler yang ingin dibentuk

2.4.4 Crossover

Pada penelitian ini seleksi *parent* dilakukan secara acak pada tiap generasi. Operator *Crossover* menghasilkan keturunan (*offspring*) dengan menggunakan 2 kromosom berbeda sebagai *parent*. Jumlah *offspring* yang dihasilkan menggunakan operator *Crossover* ditentukan oleh *Crossover Rate* (*Cr*) [16]. Metode *Crossover* yang digunakan adalah Metode *Partially Matched Crossover* (PMX) karena metode tersebut dapat mencegah adanya gen ganda pada *offspring* untuk representasi kromosom permutasi [17]. Proses metode PMX ditunjukkan Gambar 4.



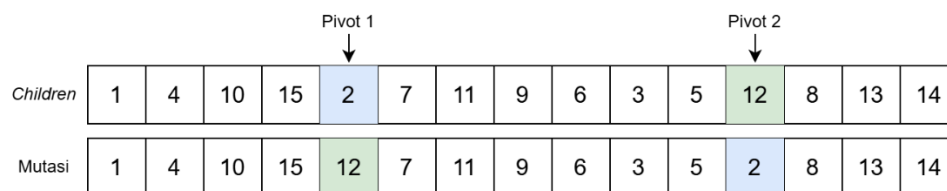
Gambar 4. Proses Metode PMX

Adapun Langkah-langkah proses PMX adalah sebagai berikut1:

- Pilih secara acak 2 titik potong pada 2 masing-masing *offspring*,
- Ciptakan 2 primitive *offspring* dengan menukarkan gen di dalam area titik potong,
- Definisikan daftar pertukaran gen.
- Tentukan jalur pertukaran antar gen selain gen yang berada pada area titik potong.
- Tukarkan gen yang sudah ditentukan jalurnya sebelumnya.
- Hasil dari pertukaran tersebut melahirkan *offspring* 1 dan *offspring* 2.

2.4.5 Mutation

Pada tahap mutasi, jumlah *offspring* yang dihasilkan menggunakan operator mutasi ditentukan oleh *Mutation Rate* (*Mr*) [16]. Metode *Reciprocal Exchange* telah digunakan dalam penelitian ini. Gambar 5 ditunjukkan contoh metode mutasi *Reciprocal Exchange*. Metode mutasi *Reciprocal Exchange* dipilih karena kinerjaanya yang sederhana dan tidak akan menghasilkan gen yang sama pada anaknya sehingga cocok digunakan dalam representasi kromosom permutasi [18]. Cara kerja *Reciprocal Exchange* adalah dengan memilih 2 posisi secara acak kemudian menukar kedua posisi tersebut [18].



Gambar 5. Proses *Reciprocal Exchange*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Informasi kriteria/*constraint* pengelompokan KKM diperoleh melalui wawancara dengan Kepala Pusat Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Secara umum terdapat 4 kriteria yaitu:

- Dalam 1 kelompok memiliki anggota HTQ
- Rasio duplikasi jurusan dalam 1 kelompok < 50%
- Proporsi kelamin dalam kelompok sesuai rasio jumlah mahasiswa peserta KKM dengan toleransi 10%
- Jumlah anggota dalam kelompok harus rata dengan total 190 Kelompok

Data penelitian diperoleh dari PTIPD UIN Maulana Malik Ibrahim Malang berupa *dataset* mahasiswa peserta KKM Reguler pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025. Pengambilan data dilakukan berdasarkan permintaan resmi dan persetujuan pihak berwenang di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. *Dataset* digunakan sebagai sumber untuk analisis dan pengujian algoritma, sedangkan penelitian ini tidak dibatasi pada periode tersebut. Sebagai langkah untuk menjaga kode etik penelitian, kerahasiaan dan kredensial mahasiswa dilakukan dengan memberikan nilai anonim pada seluruh identitas pribadi serta membatasi akses data hanya untuk keperluan penelitian. Tabel 2 menyajikan struktur kolom *dataset* yang dipakai dalam penelitian ini.

Tabel 2. Struktur Kolom *Dataset*

No	Kolom	Keterangan
1.	ID	Penanda ID Mahasiwa (<i>increment</i>)
2.	Gender	Penanda jenis kelamin mahasiswa (Laki-laki / Perempuan)
3.	Fakultas	Penanda asal fakultas mahasiswa
4.	Jurusan	Penanda asal jurusan atau program studi mahasiswa
5.	HTQ	Penanda status keanggotaan HTQ (1 = anggota, 0 = bukan)
6.	Group	Penanda kelompok tempat mahasiswa ditempatkan (label/nomor kelompok)

Berdasarkan data yang diperoleh, didapatkan simpulan karakteristik data mahasiswa peserta KKM Reguler. Karakteristik tersebut menjadi dasar perhitungan proporsi jenis kelamin, penentuan ukuran, dan jumlah kelompok dalam perancangan fungsi *fitness* dan prosedur pengujian algoritma. Pada Tabel 3 ditampilkan karakteristik *dataset* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. Karakteristik *Dataset*

No	Karakteristik	Jumlah
1.	Jumlah mahasiswa	2338
2.	Jumlah jurusan	24
3.	Mahasiswa anggota HTQ	226
4.	Mahasiswa laki-laki	947
5.	Mahasiswa perempuan	1391
6.	Jumlah kelompok	190

Berdasarkan Tabel 3, dilakukan perhitungan aturan *constraint* yang berkaitan dengan proporsi jenis kelamin dan jumlah anggota kelompok. Perhitungan proporsi jenis kelamin menghasilkan komposisi sekitar 40% mahasiswa laki-laki dan 60% mahasiswa perempuan, adapun toleransi sebesar $\pm 10\%$ sebagai batas keseimbangan kelamin pada setiap kelompok. Perhitungan jumlah anggota kelompok menghasilkan rata-rata 12 hingga 13 mahasiswa per kelompok yang diperoleh dari pembagian total mahasiswa terhadap 190 kelompok. Ketentuan ini memberikan dasar perhitungan bagi proses evaluasi fungsi *fitness* dan memastikan bahwa mekanisme pembentukan kelompok mengikuti kondisi karakteristik *dataset* secara proporsional. Tabel 4 menyajikan daftar aturan hasil wawancara yang digunakan untuk menghitung komponen nilai *fitness* pada proses optimasi. Tiap kelompok akan memperoleh nilai *fitness* masing-masing sebesar 1 untuk setiap kriteria yang berhasil dipenuhi, sedangkan kriteria yang tidak terpenuhi akan diberi nilai 0.

Tabel 4. Aturan *Constraint* Terhadap Nilai *Fitness*

No	Kode	Aturan	Nilai <i>Fitness</i>
1.	C1	Dalam 1 kelompok memiliki anggota HTQ ≥ 1	1
		Dalam 1 kelompok tidak memiliki anggota HTQ ≥ 1	0
2.	C2	Rasio duplikasi jurusan dalam 1 kelompok $< 50\%$	1
		Rasio duplikasi jurusan dalam 1 kelompok $\geq 50\%$	0
3.	C3	Proporsi kelamin dalam kelompok memenuhi aturan	1
		Proporsi kelamin dalam kelompok tidak memenuhi aturan	0
4.	C4	Jumlah anggota dalam kelompok memenuhi aturan	1
		Jumlah anggota dalam kelompok tidak memenuhi aturan	0

3.2 Implementasi Sistem

Sistem diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis web untuk memudahkan proses *input* data, pengolahan, dan penyajian hasil optimasi penentuan kelompok KKM secara terpusat. Antarmuka pengguna dikembangkan menggunakan Laravel sebagai *front-end framework*. Untuk proses komputasi utama, khususnya eksekusi algoritma genetika dan pengolahan data optimasi, dijalankan pada sisi *back-end* menggunakan Python.

3.2.1 Fitur Manajemen Data Mahasiswa

Fitur Manajemen Data Mahasiswa merupakan fitur yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data sebelum proses pembentukan kelompok dilakukan. Adanya fitur ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh data mahasiswa yang

digunakan dalam proses optimasi telah lengkap dan valid. Pada Gambar 6 ditampilkan tangkapan layar halaman manajemen data mahasiswa.

ID	JENIS KELAMIN	JURUSAN	HTQ	AKSI
2338	Laki-laki	PSIKOLOGI	Tidak	Edit Hapus
2337	Laki-laki	TEKNIK ARSITEKTUR	Tidak	Edit Hapus
2336	Perempuan	PERPUSTAKAAN DAN ILMU INFORMASI	Tidak	Edit Hapus
2335	Perempuan	ILMU AL-QUR'AN DAN TAFSIR	Ya	Edit Hapus
2334	Laki-laki	FISIKA	Tidak	Edit Hapus
2333	Laki-laki	MANAJEMEN	Tidak	Edit Hapus

Gambar 6. Halaman Manajemen Data Mahasiswa

3.2.2 Fitur Penentuan Parameter

Fitur penentuan parameter memberikan akses kepada pengguna untuk menetapkan parameter algoritma seperti *Popsi*, *Generation*, *Cr*, *Mr*, dan Jumlah Kelompok. Setelah parameter ditetapkan, sistem menjalankan proses optimasi dan menghasilkan keluaran berupa daftar kelompok yang dapat ditinjau. Fitur ini memastikan bahwa proses pembentukan kelompok berlangsung secara terstruktur dan sesuai dengan kriteria pembagian yang telah ditentukan. Gambar 7 menampilkan halaman penentuan parameter yang berfungsi untuk menjalankan proses pembentukan kelompok menggunakan GA berdasarkan parameter yang ditentukan oleh pengguna.

Parameter Algoritma Genetika
Atur parameter untuk proses penentuan kelompok

Population Size (popSize) * 10 Jumlah individu dalam satu populasi (minimal 1)	Generation * 10 Jumlah generasi evolusi (minimal 1)
Crossover Rate (Cr) * 0.5 Probabilitas crossover (0.0 - 1.0)	Mutation Rate (Mr) * 0.5 Probabilitas mutasi (0.0 - 1.0)
Kriteria Penghentian * 1	Jumlah Kelompok * 190

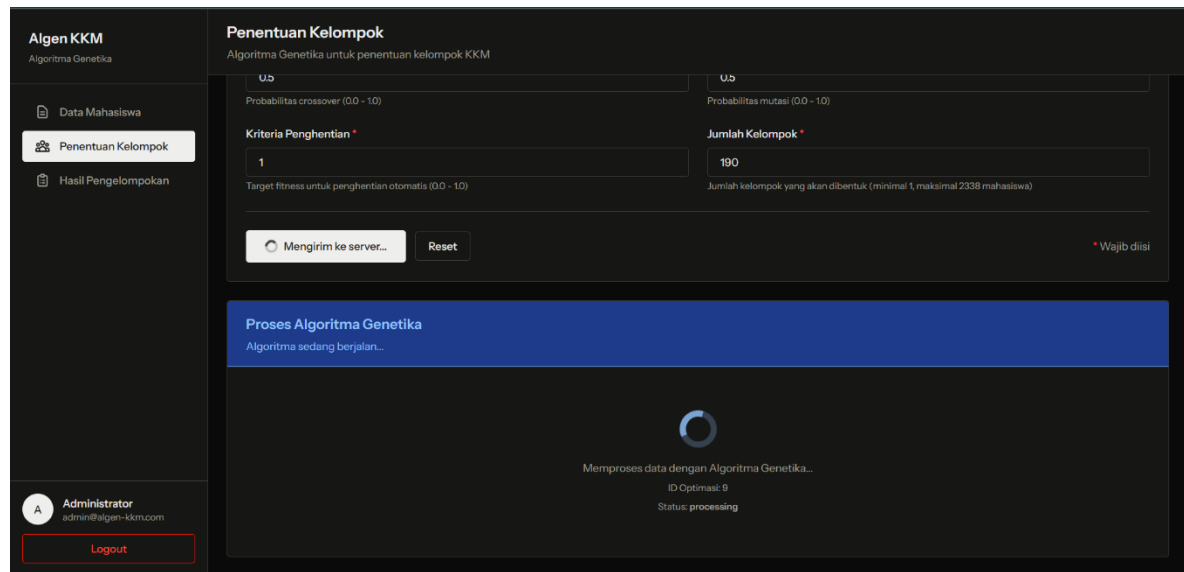
Gambar 7. Halaman Penentuan Parameter

3.2.3 Penanganan Waktu Tunggu Proses Algoritma Genetika

Proses eksekusi algoritma genetika membutuhkan waktu komputasi yang relatif lama sehingga sistem tidak dapat selalu memberikan respons secara *real-time*. Jika kondisi ini tidak ditangani dengan baik, sistem berisiko mengalami *request timeout* ketika *front-end* menunggu hasil proses dari *back-end*. Untuk mengatasi masalah tersebut, sistem menerapkan mekanisme penanda (*flagging*) pada basis data untuk menunjukkan status proses, yaitu nilai 0 saat proses masih berjalan dan nilai 1 saat proses telah selesai.

Berdasarkan alurnya, *front-end* terlebih dahulu memanggil *endpoint API* untuk menjalankan algoritma pada *back-end*. Setelah proses komputasi selesai, sistem menyimpan hasil optimasi ke dalam basis data sekaligus memperbarui nilai *flagging* proses. Selanjutnya, *front-end* melakukan pengecekan status secara berkala ke basis data agar sistem dapat

mengetahui apakah proses masih berlangsung atau sudah selesai, sehingga hasil dapat ditampilkan tanpa menimbulkan *request timeout*. Gambar 8 dan 9 masing-masing menampilkan proses algoritma Genetika sedang berlangsung halaman ketika algoritma Genetika selesai melakukan proses dan hasil telah didapatkan.



Algen KKM
Algoritma Genetika

- Data Mahasiswa
- Penentuan Kelompok**
- Hasil Pengelompokan

Administrator
admin@algen-kkm.com
Logout

Penentuan Kelompok
Algoritma Genetika untuk penentuan kelompok KKM

US

Probabilitas crossover (0.0 - 1.0): 0.5

Probabilitas mutasi (0.0 - 1.0): 0.5

Kriteria Penghentian *

1

Target fitness untuk penghentian otomatis (0.0 - 1.0):

Jumlah Kelompok *

190

Jumlah kelompok yang akan dibentuk (minimal 1, maksimal 2338 mahasiswa)

Mengirim ke server... Reset

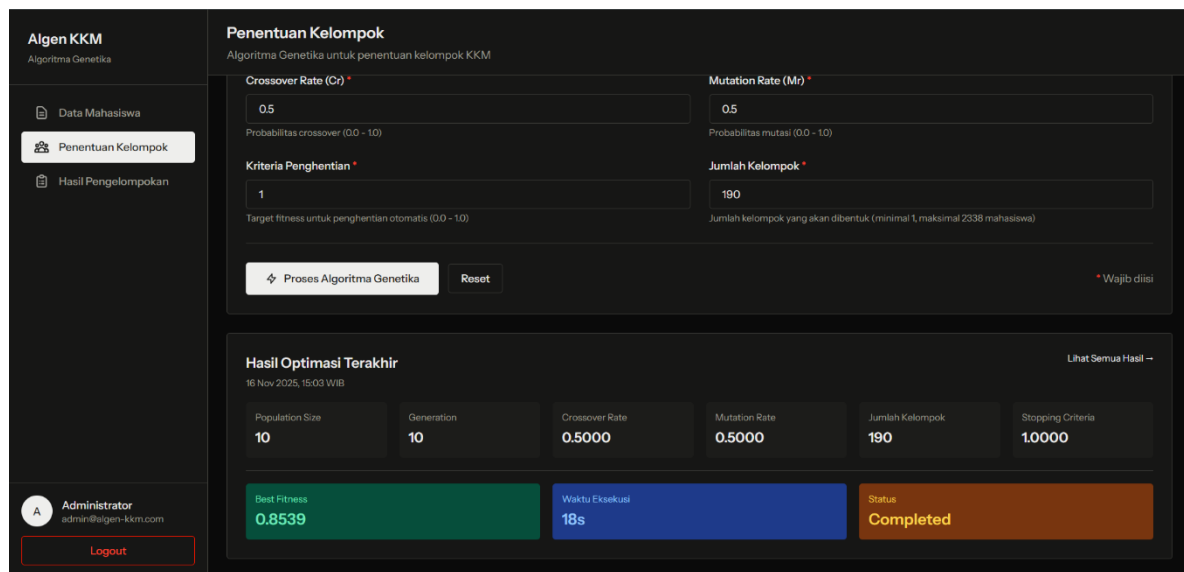
Proses Algoritma Genetika
Algoritma sedang berjalan...

Memproses data dengan Algoritma Genetika...

ID Optimasi: 9

Status: processing

Gambar 8. Proses Algoritma Sedang Berlangsung



Algen KKM
Algoritma Genetika

- Data Mahasiswa
- Penentuan Kelompok**
- Hasil Pengelompokan

Administrator
admin@algen-kkm.com
Logout

Penentuan Kelompok
Algoritma Genetika untuk penentuan kelompok KKM

Crossover Rate (Cr) *

0.5

Probabilitas crossover (0.0 - 1.0):

Mutation Rate (Mr) *

0.5

Probabilitas mutasi (0.0 - 1.0):

Kriteria Penghentian *

1

Target fitness untuk penghentian otomatis (0.0 - 1.0):

Jumlah Kelompok *

190

Jumlah kelompok yang akan dibentuk (minimal 1, maksimal 2338 mahasiswa)

Proses Algoritma Genetika Reset

Hasil Optimasi Terakhir
16 Nov 2025, 15:03 WIB

Lihat Semua Hasil --

Population Size	Generation	Crossover Rate	Mutation Rate	Jumlah Kelompok	Stopping Criteria
10	10	0.5000	0.5000	190	10000

Best Fitness: 0.8539

Waktu Eksekusi: 18s

Status: Completed

Gambar 9. Proses Algoritma Genetika tTelah Selesai

3.3 Pengujian Algoritma Genetika

Pengujian parameter Algoritma Genetika dilakukan secara bertahap untuk memperoleh konfigurasi yang paling sesuai pada proses pembentukan kelompok KKM Reguler. Pengujian dibagi ke dalam tiga skenario utama

- Pengujian *Popsi* untuk menentukan nilai optimal dalam GA pada proses pembentukan kelompok
- Pengujian *Generation* untuk menentukan nilai optimal dalam GA pada proses pembentukan kelompok
- Pengujian kombinasi *Cr* dan *Mr* untuk memperoleh nilai terbaik dalam GA pada proses pembentukan kelompok

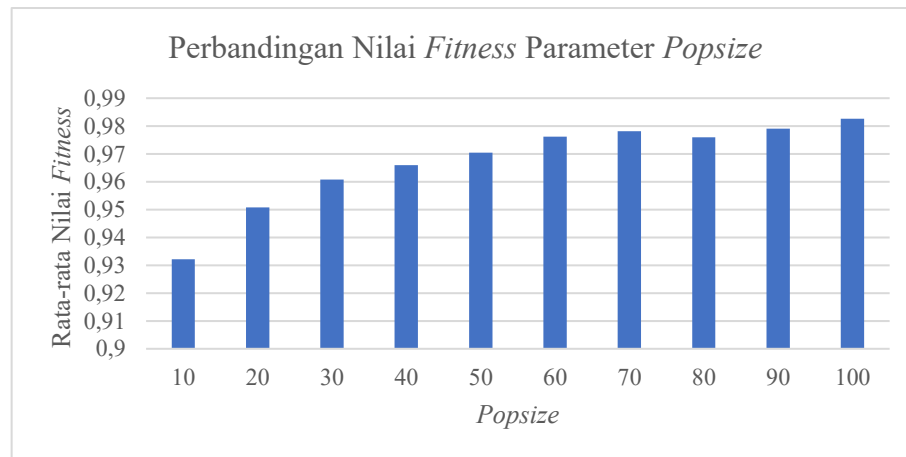
Adapun rincian parameter dan rentang uji yang diaplikasikan pada setiap skenario disajikan pada Tabel 5. Skenario pertama menguji parameter *Popsi* pada rentang 10 hingga 100 dengan kelipatan 10, dimana parameter *Generation*, *Cr*, *Mr*, dan jumlah kelompok dijaga tetap. Skenario kedua menguji parameter *Generation* pada rentang 100 hingga 1000 dengan kelipatan 100 dimana nilai *Popsi* menggunakan nilai terbaik yang diperoleh pada skenario sebelumnya. Skenario ketiga menguji kombinasi nilai *Cr* dan *Mr* pada rentang 0,1 hingga 0,9 dengan kelipatan 0,1, menggunakan nilai *Popsi* terbaik dan *Generation* terbaik yang telah diperoleh. *Cr* dan *Mr* diuji secara berpasangan dengan jumlah keduanya adalah 1 dengan format nilai *Cr* : *Mr*. Misalnya nilai *Cr* adalah 0,1, maka nilai *Mr* adalah 0,9. Setiap konfigurasi dijalankan 10 kali dengan inisialisasi acak berbeda untuk mengamati variasi hasil [19]. Hasil rata-rata nilai *fitness* terbaik dari seluruh iterasi digunakan sebagai dasar perbandingan antar konfigurasi.

Tabel 5. Parameter dan Rentang Nilai Uji

Skenario	Popsi	Generation	Cr	Mr	Jumlah Kelompok
01 – 10	10 - 100 (Kelipatan 10)	300	0.5	0.5	190
11 – 20	Popsi Terbaik	100 - 1000 (Kelipatan 100)	0.5	0.5	190
21 – 29	Popsi Terbaik	Generation Terbaik	0.1 Hingga 0.9 (Kelipatan 0.1)	0.9 Hingga 0.1 (Kelipatan -0.1)	190

3.3.1 Pengujian Popsi

Pengujian pertama difokuskan pada parameter *Popsi*. Variasi nilai *Popsi* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana jumlah kromosom dalam 1 generasi dapat berpengaruh terhadap kemampuan algoritma dalam menjelajahi ruang solusi dan menghasilkan nilai *fitness* yang mendekati optimal. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Gambar 10.

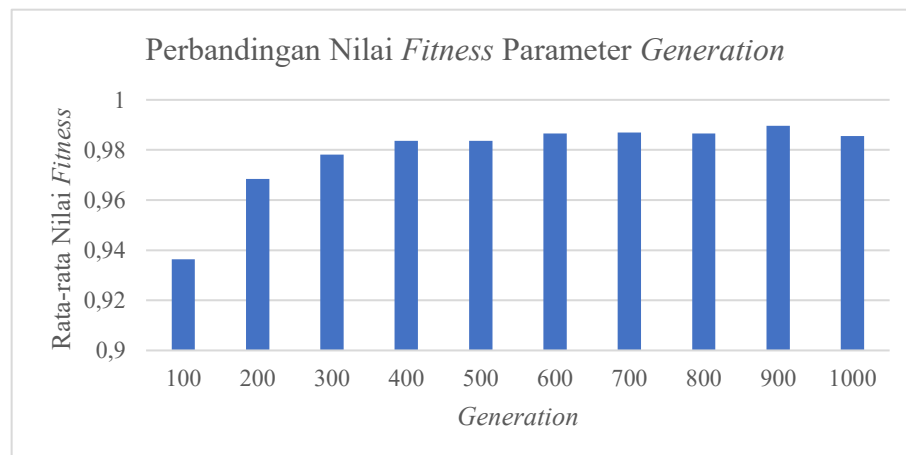


Gambar 10. Hasil Pengujian *Popsi*

Berdasarkan grafik pada Gambar 10, hasil pengujian menunjukkan bahwa *Popsi* 70 menghasilkan nilai *fitness* pada rentang yang relatif tinggi dibandingkan nilai *fitness* pada variasi *Popsi* lainnya. Nilai *Popsi* yang lebih besar tidak memberikan peningkatan nilai *fitness* yang sepadan dengan peningkatan penggunaan sumber daya komputasi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah kromosom tidak memberikan manfaat berarti terhadap kualitas solusi. Oleh karena itu, penelitian ini didapatkan *Popsi* 70 sebagai parameter optimal.

3.3.2 Pengujian Generation

Pengujian terhadap parameter *Generation* dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh jumlah iterasi GA terhadap kualitas solusi yang dihasilkan. *Generation* menentukan berapa banyak iterasi dalam 1 proses evolusi berlangsung sehingga berpengaruh langsung terhadap peluang algoritma dalam mencapai nilai *fitness* yang optimal. Hasil pengujian variasi parameter *Generation* disajikan pada Gambar 11.



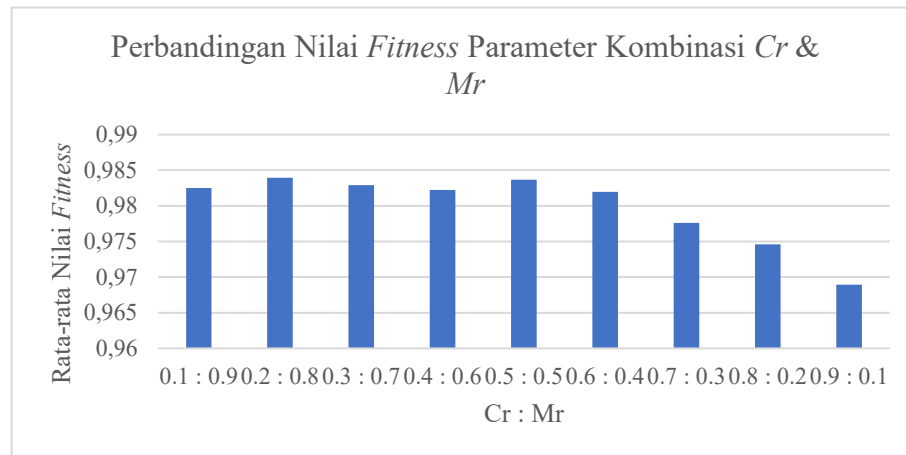
Gambar 11. Hasil Pengujian *Generation*

Berdasarkan grafik pada Gambar 11, hasil pengujian menunjukkan bahwa *Generation* 400 menghasilkan nilai *fitness* pada rentang yang relatif tinggi dibandingkan nilai *fitness* pada variasi *Generation* lainnya. Nilai *Generation* yang melebihi 400 tidak memberikan peningkatan nilai *fitness* yang signifikan, sehingga penambahan jumlah iterasi tidak

memberikan manfaat tambahan terhadap kualitas solusi. Oleh karena itu, penelitian ini menetapkan 400 sebagai parameter *Generation* optimal.

2.2 Pengujian Crossover dan Mutation Rate

Pengujian terhadap kombinasi parameter *Cr* dan *Mr* dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh keduanya terhadap kualitas solusi yang dihasilkan oleh algoritma genetika. Keseimbangan antara *Cr* dan *Mr* merupakan hal penting agar proses evolusi dapat menghasilkan solusi optimal tanpa mengalami konvergensi dini. Hasil pengujian kombinasi *Cr* dan *Mr* ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pengujian Crossover dan Mutation Rate

Berdasarkan grafik pada Gambar 12, terlihat bahwa kombinasi parameter *Cr* dan *Mr* sebesar 0,5 : 0,5 menghasilkan nilai *fitness* pada rentang yang lebih tinggi dibandingkan kombinasi lainnya. Kombinasi ini memberikan keseimbangan antara proses pertukaran gen dan perubahan gen, sehingga ruang solusi dapat dijelajahi secara optimal tanpa mengorbankan stabilitas hasil. Peningkatan *Cr* tanpa diikuti peningkatan *Mr* menyebabkan solusi cenderung homogen, sedangkan peningkatan *Mr* secara berlebihan menghasilkan solusi yang tidak stabil. Dengan demikian, kombinasi *Cr* dan *Mr* berupa 0,5 : 0,5 dipilih sebagai konfigurasi parameter yang optimal untuk implementasi algoritma genetika.

3.4 Perbandingan Evaluasi Hasil Sistem dengan Kondisi Nyata

Untuk mengevaluasi hasil pembentukan kelompok, dilakukan perbandingan antara data penelitian dengan data hasil sistem algoritma genetika yang dijalankan menggunakan parameter optimal. Berdasarkan rangkaian pengujian parameter algoritma genetika yang telah dilakukan, diperoleh konfigurasi parameter yang memberikan nilai *fitness* paling optimal pada proses pembentukan kelompok. Konfigurasi parameter tersebut terdiri dari *Popsiz* sebesar 70, *Generation* sebanyak 400, *Cr* sebesar 0,5, dan *Mr* sebesar 0,5, dengan parameter jumlah kelompok yang dibentuk sebanyak 190. Kombinasi parameter ini menunjukkan kualitas hasil optimal dengan nilai rata-rata *fitness* sebesar 0,983684211, sehingga konfigurasi tersebut ditetapkan sebagai parameter akhir yang digunakan pada implementasi sistem.

Perbandingan dilakukan dengan menghitung kelompok yang memenuhi tiap kriteria maupun semua kriteria pada Data penelitian dan Data Hasil sistem. Data penelitian menggambarkan kondisi pembagian kelompok sebelum proses optimasi dilakukan. Data hasil sistem menggambarkan kondisi pembagian kelompok setelah proses optimasi diterapkan. Kolom C1 hingga C4 menunjukkan kode kriteria LP2M yang digunakan dalam penelitian. Kolom Semua Kriteria menunjukkan jumlah kelompok yang memenuhi seluruh kriteria dari total 190 kelompok yang dibentuk. Tabel 6 menyajikan perbandingan tingkat ketercapaian kriteria kelompok pada kedua data.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Ketercapaian Kriteria Kelompok

Data	Jumlah Kelompok yang memenuhi Kriteria				
	C1	C2	C3	C4	Semua Kriteria
Data Penelitian	136/190	190/190	116/190	166/190	82/190
Data Hasil Sistem	188/190	190/190	179/190	190/190	177/190

Pada Tabel 6 ditunjukkan adanya perbedaan ketercapaian kriteria antara data penelitian dan hasil pengelompokan sistem. Pada kriteria C1, hasil pengelompokan sistem memenuhi kriteria pada 188 kelompok, sedangkan data penelitian hanya memenuhi kriteria tersebut pada 136 kelompok. Pada kriteria C2, hasil pengelompokan sistem dan data penelitian sama-sama memenuhi kriteria pada seluruh 190 kelompok. Pada kriteria C3, hasil pengelompokan sistem memenuhi kriteria pada 179 kelompok, sementara data penelitian hanya memenuhi kriteria tersebut pada 116 kelompok. Pada kriteria C4, hasil pengelompokan sistem memenuhi kriteria pada seluruh 190 kelompok, sedangkan data penelitian memenuhi kriteria tersebut pada 166 kelompok.

Perbedaan ketercapaian setiap kriteria memengaruhi jumlah kelompok yang memenuhi seluruh kriteria secara bersamaan. Hasil pengelompokan sistem menghasilkan 177 kelompok yang memenuhi seluruh kriteria dari total 190 kelompok, sedangkan data penelitian hanya menghasilkan 82 kelompok dari total yang sama. Perbedaan jumlah tersebut menunjukkan bahwa pembagian kelompok hasil sistem memiliki tingkat kesesuaian yang lebih tinggi terhadap kriteria LP2M dibandingkan kondisi sebelum dilakukan proses optimasi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa peran proses optimasi dalam menghasilkan pembagian kelompok lebih optimal berdasarkan kriteria yang ditetapkan.

3.5 Pembahasan

Implementasi sistem pada penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi algoritma genetika ke dalam aplikasi berbasis web memerlukan rancangan arsitektur yang mampu memisahkan proses interaksi pengguna dari proses komputasi optimasi. Desain sistem pada penelitian ini mampu menangani waktu proses algoritma genetika yang relatif lama karena proses komputasi tidak dibebankan langsung pada antarmuka pengguna, namun dipisahkan ke sisi *back-end* dan dikelola melalui mekanisme *flagging* status proses pada basis data. Antarmuka web hanya berfungsi untuk menerima parameter, mengirim permintaan proses, dan menampilkan hasil. Server menjalankan proses evolusi algoritma genetika secara penuh sampai solusi terbaik diperoleh. Pendekatan ini membuat sistem tetap responsif meskipun proses optimasi berlangsung cukup lama. Hal ini disebabkan karena *front-end* tidak menunggu hasil secara sinkron, namun memeriksa status proses secara berkala sampai hasil siap ditampilkan. Dengan rancangan tersebut, risiko *request timeout* dapat dikurangi, pengalaman pengguna menjadi lebih stabil, dan implementasi algoritma genetika pada aplikasi web menjadi lebih layak digunakan dalam kondisi nyata.

Berdasarkan hasil pengujian, algoritma genetika mampu memberikan solusi yang lebih baik karena metode ini mengevaluasi banyak kandidat solusi secara berulang berdasarkan fungsi *fitness* yang secara langsung merepresentasikan kebutuhan. Representasi kromosom berbasis permutasi membuat setiap mahasiswa tetap unik di dalam solusi. Penggunaan operator *Partially Matched Crossover* dan *Reciprocal Exchange Mutation* membantu menghasilkan susunan baru tanpa menimbulkan duplikasi gen yang merusak validitas kelompok. Melalui proses seleksi, *Crossover*, dan mutasi yang berlangsung antar-generasi, algoritma dapat menjelajahi ruang solusi yang sangat luas dan secara bertahap memperbaiki susunan kelompok yang semakin sesuai dengan seluruh *constraint*.

Pada evaluasi perbandingan, didapatkan bahwa algoritma genetika lebih unggul daripada penyusunan secara manual. Hal ini disebabkan karena proses manual sangat bergantung pada ketelitian manusia dan sulit menjaga konsistensi ketika banyak kriteria harus dipenuhi secara bersamaan. Keunggulan algoritma genetika terlihat pada tingkat ketercapaian kriteria yang lebih merata dan lebih konsisten. Hasil sistem menunjukkan perbaikan yang jelas pada kriteria keberadaan anggota HTQ, keseimbangan proporsi jenis kelamin, dan pemerataan jumlah anggota kelompok. Berbeda dengan hasil algoritma genetika, pada kondisi manual masih ditemukan lebih banyak kelompok yang belum memenuhi seluruh ketentuan secara bersamaan. Temuan ini menunjukkan bahwa algoritma genetika tidak hanya meningkatkan kualitas solusi secara komputasional, tetapi juga menghasilkan susunan kelompok yang lebih dekat dengan kebutuhan institusi dalam praktiknya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan algoritma genetika pada aplikasi penentuan kelompok KKM Reguler berbasis web di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Proses optimasi menggunakan aturan *constraint* yaitu terdapat minimal satu anggota HTQ dalam setiap kelompok, rasio duplikasi jurusan kurang dari 50%, proporsi jenis kelamin yang mengikuti distribusi data dengan toleransi 10%, serta pemerataan jumlah anggota kelompok. Implementasi sistem menggunakan Laravel pada sisi antarmuka dan Python pada sisi *back-end*. Selain itu, penerapan mekanisme *flagging* proses pada basis diterapkan untuk menangani waktu komputasi algoritma genetika yang relatif lama sehingga proses tidak menimbulkan *request timeout*. Hasil pengujian parameter menunjukkan bahwa konfigurasi terbaik didapatkan pada *Popsiz* 70, *Generation* 400, *Crossover Rate* 0,5, dan *Mutation Rate* 0,5 dengan nilai *fitness* sebesar 0,983684211. Konfigurasi tersebut menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu menghasilkan solusi sangat mendekati kondisi ideal sesuai dengan kriteria. Hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa optimasi yang dilakukan mampu meningkatkan kualitas pembagian kelompok secara nyata dibandingkan kondisi awal sebelum optimasi. Jumlah kelompok yang memenuhi seluruh kriteria meningkat secara signifikan. Peningkatan tersebut terlihat pada keterpenuhan seluruh kriteria yang dibutuhkan. Dengan demikian, algoritma genetika tidak hanya mendapatkan nilai *fitness* yang baik secara numerik, tetapi juga menghasilkan pembagian kelompok KKM yang lebih optimal, terstruktur, dan sesuai dengan kebutuhan institusi.

REFERENCES

- [1] LP2M UIN Malang, "Buku Pedoman KKM Tahun 2024/2025." Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2024.
- [2] S. M. Almufti, A. Ahmad Shaban, Z. Arif Ali, R. Ismael Ali, and J. A. Dela Fuente, "Overview of Metaheuristic Algorithms," *Polaris Glob. J. Sch. Res. Trends*, vol. 2, no. 2, pp. 10–32, Apr. 2023, doi: 10.58429/pgjsrt.v2n2a144.
- [3] O. Ramos-Figueroa, M. Quiroz-Castellanos, E. Mezura-Montes, and O. Schütze, "Metaheuristics to solve grouping problems: A review and a case study," *Swarm Evol. Comput.*, vol. 53, p. 100643, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.swevo.2019.100643.
- [4] S. Forrest, "Genetic Algorithms," *ACM Comput. Surv.*, vol. 28, no. 1, pp. 77–80, Mar. 1996.
- [5] S. Katoch, S. S. Chauhan, and V. Kumar, "A review on genetic algorithm: past, present, and future," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 80, pp. 8091–8126, 2021, doi: 10.1007/s11042-020-10139-6.

- [6] F. M. Isa, W. N. M. Ariffin, M. S. Jusoh, and E. P. Putri, "A Review of Genetic Algorithm: Operations and Applications," *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 40, no. 1, pp. 1–34, 2024.
- [7] R. M. Simanjorang, A. Simangunsong, M. Arifin, and S. D. Tampubolon, "Implementasi Algoritma Genetika Dalam Pengembangan Sistem Pakar Untuk Pemilihan Karier," *Jurnal Media Informatika (JUMIN)*, vol. 6, no. 1, pp. 33–40, 2024.
- [8] R. G. Guntara, M. R. Nugraha, Y. Prasetyo, and R. Aprilia, "Implementasi Algoritma Genetika Untuk Aplikasi Penjadwalan Sidang Tugas Akhir Berbasis Web," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 2, Nov. 2023, doi: 10.33395/jmp.v12i2.13206.
- [9] Nursabillah and B. Triandi, "Implementasi Algoritma Genetika Dalam Penentuan Jadwal Mata Pelajaran Pada SMK Tarbiyah Islamiyah," *SENADIMU*, vol. 1, no. 1, pp. 719–731, 2024.
- [10] S. F. Pane, R. M. Awangga, E. V. Rahmadani, and S. Permana, "Implementasi Algoritma Genetika untuk Optimalisasi Pelayanan Kependudukan," *Jurnal Tekno Insentif*, vol. 13, no. 2, pp. 36–43, Oct. 2019, doi: 10.36787/jti.v13i2.130.
- [11] A. Rahimi, M. Arthur, Nurfadillah, F. D. T. Amijaya, and D. F. Putri, "Implementasi Algoritma Genetika Dalam Penentuan Rute Terbaik Pendistribusian BBM Pada SPBU Yang Ada Di Samarinda," *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya 2023*, pp. 196–207, 2023.
- [12] A. Sukstienwong, "A Genetic-algorithm Approach for Balancing Heterogeneous Groups of Students," in *Proc. Int. Conf. on Advances in Software, Control and Mechanical Engineering (ICSCME)*, Kyoto, Japan, 2016, pp. 1–7, doi: 10.17758/UR.U0416001.
- [13] A. Sukstienwong, "ANOVA as *Fitness* Function for Genetic Algorithm in Group Composition," *TEM Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 396–405, Feb. 2023, doi: 10.18421/TEM121-49.
- [14] D. Kurniadi, H. Hidayat, M. Anwar, K. Budayawan, A. L. Syaifar, Zulhendra, Efrizon, and R. Safitri, "Genetic Algorithms for Optimizing Grouping of Students Classmates in Engineering Education," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 13, no. 12, pp. 1907–1916, Dec. 2023, doi: 10.18178/ijiet.2023.13.12.2004.
- [15] A. N. Rohmad and M. Akbar, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Pengelompokan Mahasiswa KKN (Studi Kasus: KKN Angkatan XLII Universitas Mercu Buana Yogyakarta)," *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 8, no. 1, pp. 50–61, Feb. 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i1.1073.
- [16] W. F. Mahmudy, M. Z. Sarwani, A. Rahmi, and A. W. Widodo, "Optimization of Multi-Stage Distribution Process Using Improved Genetic Algorithm," *Int. J. Intell. Eng. Syst.*, vol. 14, no. 2, pp. 211–219, Apr. 2021, doi: 10.22266/ijies2021.0430.19.
- [17] E. Ismaredah and H. Radiles, "Mitigasi Premature Convergence Pada Genetic Algorithm Menggunakan Metoda Dynamics Growth Population Dalam Kasus University Course Scheduling," *JEKIN - J. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 33–44, July 2023, doi: 10.58794/jekin.v3i1.486.
- [18] S. E. Ramadhania and S. Rani, "Implementasi Kombinasi Algoritma Genetika dan Tabu Search untuk Penyelesaian Travelling Salesman Problem," *AUTOMATA*, vol. 2, no. 1, Spring 2021.
- [19] N. D. Priandani and W. F. Mahmudy, "Optimasi travelling salesman problem with time windows (TSP-TW) pada penjadwalan paket rute wisata di Pulau Bali menggunakan algoritma genetika," in *Seminar Teknologi Informasi Indonesia (SESINDO)*, Surabaya, Indonesia, Nov. 2–3, 2015, pp. 259–266.