

Penerapan Kombinasi Genetic Algorithm (GA) dan Bees Algorithm (BA) untuk Penjadwalan Matakuliah Praktikum

Dwi Purnomo Putro^{a*}, Puput Eka Suryani^b, Retno Wahyusari^c

*Email : dwipp2019@gmail.com

Universitas Safin Pati Jln. Raya Pati-Tayu Km.13, Ketanen, Trangkil, Pati, Jawa Tengah^{1,2}

STT Ronggolawe Jln. Kampus Ronggolawe Blok B No.1, Mentul, Cepu, Blora, Jawa Tengah³

Intisari

Pencarian solusi yang sempurna pada masalah penjadwalan matakuliah praktikum masih sangat menantang untuk mencegah konflik penjadwalan dan menjamin alokasi waktu yang merata. Efektivitas genetic algorithms (GA) dan kombinasi genetic algorithm dengan bees algorithm (GA+BA) pada penjadwalan matakuliah praktikum mencoba dibandingkan dalam penelitian ini. Penelitian ini juga menyelidiki peningkatan kinerja GA dengan penggunaan Bee Algorithm (BA), apakah terkonfirmasi mampu menerapkan teknik eksplorasi dan eksploitasi lokal. Menurut data eksperimen, jika dibandingkan dengan GA saja, GA+BA secara konsisten menghasilkan nilai *fitness* yang lebih besar akan tetapi waktu komputasi menjadi meningkat. Hasilnya menunjukkan bahwa GA hanya mencapai nilai *fitness* rata-rata 0,86, sedangkan GA+BA mencapai nilai *fitness* rata-rata 0,98. Akan tetapi, GA+BA menghitung rata-rata waktu komputasi 14,41 detik lebih lambat, daripada GA yang membutuhkan waktu 8,59 detik. Temuan ini menunjukkan bahwa penggabungan BA ke framework GA mampu meningkatkan solusi pemecahan masalah penjadwalan matakuliah praktikum secara optimal. Studi ini menunjukkan bahwa GA+BA termasuk metode yang sukses dalam hal penjadwalan matakuliah otomatis, yang menyediakan solusi untuk digunakan dalam praktik nyata.

Kata kunci:
*Algoritma Genetika,
Algoritma Lebah,
Penjadwalan Mata
Kuliah*

Tentang naskah:
-diterima, 25 Juli 2024
-diterbitkan, 30 Juli
2024

Keyword:
*Genetic Algorithm, Bees
Algorithm, Course
Scheduling*

Abstract

A perfect solution to the challenging issue of course scheduling is needed to prevent scheduling conflicts and guarantee a fair allocation of courses. The effectiveness of genetic algorithms (GA) and genetic algorithms combined with bee algorithms (GA+BA) for automatic course scheduling is compared in this study. this research also investigates the enhancement of performance by the use of the Bee Algorithm, a recognized expert in exploration and exploitation techniques. According to experimental data, when compared to GA alone, GA+BA consistently yields greater fitness values but the computation time increases. The results show that GA only achieves an average fitness value of 0.86, while GA+BA achieves an average fitness value of 0.98. However, GA+BA calculates an average computing time of 14.41 seconds slower, than GA which takes 8.59 seconds. These findings show that combining BA into the GA framework is able to optimally improve the solution to the problem of scheduling practicum courses. This study shows that GA+BA is a successful method in terms of automatic course scheduling, which provides a solution for use in actual.

1. Pendahuluan

Penjadwalan mata kuliah di Perguruan Tinggi termasuk kategori masalah kompleks dan rumit untuk dicarikan solusinya (Eka Yulia Sari et al., 2023). Dimana salah satu permasalahannya, yaitu terdapat faktor perlakuan unik dari penjadwalan jenis mata kuliah praktikum. Berikut ini beberapa faktor uniknya, seperti perbedaan kelompok kelas mata kuliah (Mone & Simarmata, 2021), ketersediaan ruang (Roihan et al., 2022), keterbatasan waktu pelaksanaan (Azhar,

2020), dan keberadaan Asisten Praktikum (Nazarius et al., 2024). Dengan memperhatikan faktor tersebut, proses penjadwalan mata kuliah praktikum diharapkan dapat berjalan lebih lancar dan efektif.

Kelancaran dan keefektifan proses penjadwalan mata kuliah praktikum di perguruan tinggi dapat dilihat dari tidak terjadinya tumpang tindih antara jadwal mata kuliah praktikumnya (Rohmawati et al., 2022). Namun, tidak menutup kemungkinan tetap akan terjadi tumpang tindih antara jadwal mata kuliah

praktikum, karena adanya perubahan tidak terduga atau konflik lain yang muncul selama proses penjadwalan. Kompleksitas situasi atau kondisi tersebut yang menjadikan penjadwalan matakuliah praktikum membawa tantangan tersendiri untuk dimaksimalkan solusinya.

Beberapa peneliti cenderung menerapkan solusi penjadwalan matakuliah dengan cara otomatis menggunakan konsep algoritma. Konsep algoritma terkait penjadwalan yang sering dipakai pada tahun 2015-2020, yaitu Genetic Algorithm (GA), Ant Colony Optimization (ACO), Tabu Search (TS), Graph Coloring (GC), Particle Swarm Optimization (PSO), dan 11 algoritma lainnya. Dan didapatkan kesimpulan bahwa algoritma genetika dapat menghasilkan jadwal perkuliahan yang lebih optimal (Handayani et al., 2020). Namun, penggunaan algoritma genetika dan algoritma lainnya dalam studi kasus penjadwalan matakuliah masih menyisakan masalah kompleksitas komputasi tinggi.

Pada penelitian ini penulis mencoba mengembangkan penelitian sebelumnya dimana GA digunakan sebagai solusi pemecahan masalah penjadwalan matakuliah praktikum (Nazarius et al., 2024). Akan tetapi penelitian tersebut terlihat memiliki kelemahan dalam implementasinya, karena masih ditemukan konflik jadwal berdasarkan catatan uji nilai fitnessnya. Kemungkinan hal tersebut terjadi akibat implementasi GA tersebut terjebak dalam optimum lokal (Josi, 2017; Rahmi et al., 2017), sehingga jauh dari solusi global yang diinginkan. Meskipun implementasi GA mengalami kendala tersebut, bukan berarti GA tidak efektif dalam penyelesaian masalah penjadwalan matakuliah praktikum.

Terdapat pengetahuan bahwa Bees Algorithm (BA) dapat menjadi alternatif yang berpotensi dalam mencapai solusi global yang diinginkan (Yuce et al., 2017). BA memiliki kemampuan untuk menemukan solusi yang lebih baik dengan cara menghindari jebakan optimum lokal (Baronti et al., 2020).

Dengan demikian, kombinasi GA dan BA mungkin dapat memberikan hasil yang lebih optimal dalam penyelesaian masalah penjadwalan matakuliah praktikum. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji efektivitas dari pendekatan tersebut supaya dapat memberikan solusi yang terbaik bagi permasalahan yang ada.

Meskipun penelitian ini bertujuan meningkatkan hasil yang lebih optimal dalam penyelesaian penjadwalan matakuliah praktikum, tidak menutup kemungkinan penggunaan GA dan BA dapat meningkatkan kompleksitas komputasi tinggi. Selain itu, kontribusi positif pengembangan bidang penjadwalan matakuliah di perguruan tinggi tidak selalu dijamin hanya dengan hasil penelitian ini saja. Oleh karena itu, perlu adanya kerjasama antara praktisi dan akademisi untuk selalu mengembangkan hasil penelitian ini secara lebih luas dan mendalam.

2. Kerangka Teori

2.1. Genetic Algorithm

Genetic Algorithm (GA) merupakan metode pencarian serta optimasi yang terinspirasi pada proses seleksi alam dan genetika (Ardiansyah & Junianto, 2022). Dengan menggabungkan prinsip-prinsip seleksi alam dan genetika, GA mampu menemukan solusi yang optimal dalam waktu yang relatif singkat (Katoch et al., 2021). GA juga sering dipakai untuk menemukan solusi optimal terhadap masalah yang kompleks.

Adapun komponen utama yang terdapat pada GA (Nazarius et al., 2024) yang kinerjanya secara detail dijelaskan melalui pseudocode (Katoch et al., 2021) pada Tabel 1 berikut ini:

- **Populasi:** Sekumpulan individu yang mewakili solusi-solusi potensial untuk suatu masalah. Setiap individu memiliki kode genetik yang merepresentasikan solusi yang dihasilkan. Dengan adanya mekanisme seleksi alam dan operasi genetika, populasi terus berkembang menuju solusi yang semakin baik.
- **Inisialisasi:** Proses pembentukan populasi awal dengan solusi acak.
- **Evaluasi Fitness:** Fungsi yang mengevaluasi seberapa baik populasi yang ditawarkan menjadi solusi penyelesaian masalah yang diberikan.

- Seleksi: Proses pemilihan solusi terbaik dari populasi untuk dikawinkan dan menghasilkan keturunan.
- Crossover (Rekombinasi): Proses penggabungan dua kromosom (induk) untuk menghasilkan satu atau lebih kromosom baru (anak) dengan karakteristik campuran dari induknya.
- Mutasi: Proses pengubahan acak pada kromosom untuk mempertahankan keanekaragaman genetik dalam populasi.
- Penggantian (Regenerasi): Proses mengganti beberapa atau seluruh populasi lama dengan populasi baru.

Tabel 1 Pseudocode Genetic Algorithm (GA)

#	Deskripsi
Input:	<i>populationSize, p</i> <i>mutationRate, m</i> <i>maxgenerations, g</i>
Output:	<i>Global bestSolusi, Y_{bs}</i>
begin	<i>populasi awal dari n-kromosom Y_i (i=1,2,..n)</i> <i>menetapkan iterasi generasi f=0</i> <i>evaluasi perhitungan nilai fitness</i> <i>while (f<g)</i> <i>proses seleksi sesuai fitness populasi</i> <i>proses crossover dalam populasi</i> <i>proses mutasi dibatasi m</i> <i>evolusi populasi baru</i> <i>iterasi meningkat 1 kali</i> <i>end while</i> <i>return bestSolusi, Y_{bs}</i>
end	

2.2. Bees Algorithm

Bees Algorithm (BA) merupakan metode optimasi yang terinspirasi oleh perilaku pencarian dan mengeksplorasi sumber makanan dari sekawanan lebah (Yuce et al., 2017). Lebah mencari makanan/ nektar dari bunga dengan mengirimkan sebagian lebah bertugas mengeksplorasi wilayah baru dan sebagian lainnya bertugas mengeksplorasi sumber yang sudah ditemukan. BA ini mampu menemukan solusi optimal dengan mengeksplorasi ruang solusi secara efektif melalui eksplorasi lokal dan global.

BA melibatkan populasi agen pencari (lebah) yang berkomunikasi dan bekerja bersama untuk menemukan solusi terbaik. Dalam algoritma ini, terdapat proses penggantian yang memungkinkan untuk memperbaharui populasi lebah secara teratur. Selain itu, teknik crossover dan mutasi juga dapat diterapkan dalam algoritma ini untuk meningkatkan variasi genetik dan mencapai solusi yang lebih optimal (Kerin et al., 2023).

Penjelasan kinerja komponen yang terdapat pada BA (Ebubekir, 2010) dapat

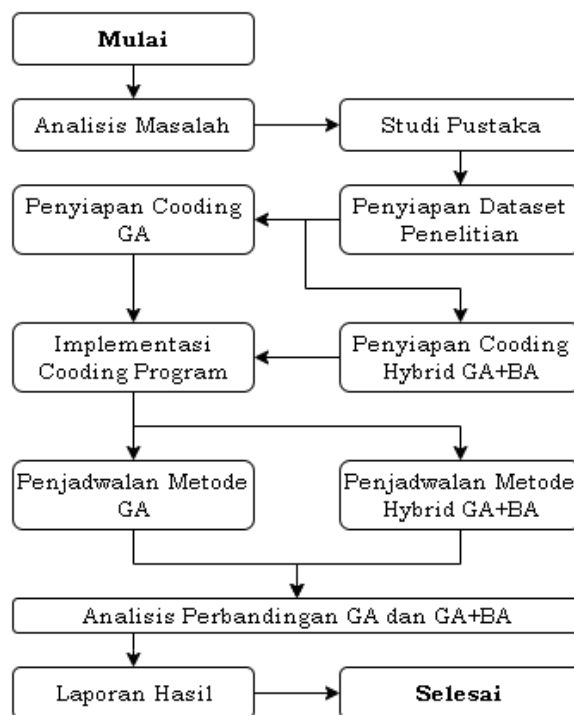
dijelaskan melalui pseudocode Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Pseudocode Bees Algorithm (BA)

#	Deskripsi
Input:	<i>maxIterasi, m</i>
Output:	<i>bestSolusi, Y_{bs}</i>
begin	<i>populasi awal dari n-kromosom Y_i (i=1,2,..n)</i> <i>evaluasi perhitungan nilai fitness</i> <i>menentukan nilai iterasi awal, l=0</i> <i>while (l<m)</i> <i>proses neighbourhood search</i> <i>seleksi nilai fitness terbaik</i> <i>iterasi meningkat 1 kali</i> <i>end while</i> <i>return bestSolusi, Y_{bs}</i>
end	

3. Metodologi

Adapun tahapan metodologi terlihat pada diagram alir penelitian yang ditampilkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3.1. Analisis Masalah (Hipotesis Awal)

Tahapan Pertama ini diawali dari menggali informasi yang ditemukan pada salah satu artikel penelitian terbaru. Selanjutnya berusaha memahami konteks masalah penelitian dan mencoba membuat hipotesis awal yang ingin dicapai selanjutnya. Sebagai bahan untuk memantapkan analisis permasalahannya, selanjutnya dilakukan proses pencarian informasi dari studi pustaka yang sesuai topik permasalahannya.

3.2. Studi Pustaka

Studi pustaka yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan materi atau bahan informasi terkait penyelesaian masalah penjadwalan matakuliah menggunakan berbagai algoritma dan mencari peluang penelitian yang dapat dikembangkan. Studi Pustaka ini melibatkan pengumpulan informasi berdasarkan sumber referensi, misalnya dari buku, jurnal, dan website.

3.3. Penyiapan Dataset Penelitian

Telah tersedia dataset dari penelitian sebelumnya (Nazarius et al., 2024) yang nantinya akan dipakai juga pada penelitian ini. Dimana dataset tersebut secara detail dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 3 Matakuliah Praktikum

No.	Nama mata kuliah	Kode mata kuliah
1	Basis Data II	1DCP584032
2	Jaringan Komputer	1DCP314032
3	Pemrograman Web dan Mobile	1DCP644032
4	Algoritma dan Pemrograman II	1DCP092032
5	Struktur Data	1DCP182032

Tabel 4 Asisten Praktikum

No.	NIM	Nama
1	213010503003	Kevin Wilbert Sachio
2	213020503061	Gabriel Dwi Putra Krisma
3	213010503014	Evita Cahyani
4	213020503058	Jordan Setiawan Nanyan
5	213020503018	Aldoni Fahreza
6	213020503020	Bayu Pratama
7	213020503027	Recal Prasetyo
8	213030503131	Samuel Raka Yustianto
9	213030503123	Elieser Dawson Fritz
10	213010503008	Via Windiana
11	213030503120	Hardi
12	203020503044	Joshua Evan Savero
13	203010503009	Resha Ananda Rahman
14	213030503098	Samuel Fernando
15	203010503019	Rholand Deo Eka Putra
16	213030503108	Ricard Jonathan
17	213030503133	Risky Prasetyo
18	213030503116	okta panji winata
19	213030503160	Thomas Richard Wini
20	213030503111	Michael Henokh
21	213030503156	Dedan Adam
22	213030503104	Euriqo Diaz
23	213020503083	Mohammad Alif Tuharea
24	DBC117087	Yoga Pratama Salim
25	DBC117085	Gabriel Padma
26	DBC117040	Harits Wahid Vijayanto

Tabel 5 Ruang Praktikum

No.	Kode ruang	Keterangan
1.	R01	Lab Data Science
2.	R02	Lab Pemrograman 1
3.	R03	Lab Pemrograman 2
4.	R04	Lab Jaringan

Tabel 6 Jam Praktikum

No	Id jam	Jam
1.	T01	07:00 – 09:00
2.	T02	09:00 – 12:00
3.	T03	12:00 – 14:00
4.	T04	15:00 – 17:00

Tabel 7 Hari Praktikum

No.	Kode hari	Hari
1.	H1	Senin
2.	H2	Selasa
3.	H3	Rabu
4.	H4	Kamis
5.	H5	Jumat

Tabel 8 Kelompok Kelas Praktikum

No	Kode Kelas	Kode Matakuliah
1	1	1DCP092032
2	2	1DCP092032
3	3	1DCP092032
4	4	1DCP092032
5	5	1DCP182032
6	6	1DCP182032
7	7	1DCP182032
8	8	1DCP182032
9	9	1DCP314032
10	10	1DCP314032
11	11	1DCP314032
12	12	1DCP314032
13	13	1DCP584032
14	14	1DCP584032
15	15	1DCP584032
16	16	1DCP584032
17	17	1DCP644032
18	18	1DCP644032
19	19	1DCP644032
20	20	1DCP644032

3.4. Penyiapan Coding GA dan GA+BA

Penelitian ini menggunakan dua pendekatan algoritma, yaitu Algoritma Genetika (Genetic Algorithm/GA) dan kombinasi Algoritma Genetika dengan Bee Algorithm (GA+BA). Langkah pertama dimulai dengan penyiapan coding GA. Pada tahap ini, populasi awal dibangkitkan secara acak dan kemudian nilai fitness setiap individu dalam populasi dihitung untuk mengevaluasi kualitas solusi yang dihasilkan. Selanjutnya seleksi populasi dilakukan berdasarkan probabilitas yang dihitung dari nilai fitness, kemudian crossover dan mutasi diterapkan untuk menghasilkan populasi baru. Proses ini diulang hingga mencapai kondisi penghentian tertentu seperti jumlah generasi maksimum atau nilai fitness yang memuaskan.

Setelah penyiapan coding GA selesai, selanjutnya mengintegrasikan BA ke dalam framework GA untuk membentuk GA+BA berdasarkan psuedoCode tabel 9. Pada tahap ini, BA mencari solusi baru di ruang solusi acak, sehingga dapat meningkatkan eksplorasi dan eksploitasi solusi terbaik secara lokal. Hasil dari proses BA ini digunakan untuk

memperkaya populasi GA, sehingga memperbaiki kemampuan algoritma menemukan solusi global yang optimal. Setiap iterasi pada GA+BA melibatkan penilaian fitness, seleksi solusi terbaik, dan penggantian populasi lama dengan populasi baru yang telah dioptimalkan melalui kombinasi strategi eksplorasi dan eksploitasi dari kedua algoritma.

Tabel 9 Pseudocode Hybrid GA+BA

#	Deskripsi
Input:	<i>populationSize, p mutationRate, m maxgenerations, g maxIterasee bee, Mb</i>
Output:	<i>Global bestSolusi, Y_{bs}</i>
begin	<i>populasi awal dari n-kromosom Y_i (i=1,2,..n) menetapkan iterasi generasi f=0 evaluasi perhitungan nilai fitness while (f<g) proses seleksi sesuai fitness populasi proses crossover dalam populasi proses mutasi dibatasi m proses bee Algoritm maxIterasi Mb=10 evaluasi populasi baru iterasi meningkat 1 kali end while return bestSolusi, Y_{bs}</i>
end	

3.5. Implementasi Cooding Program

Implementasi Penerapan dan pengujian GA dan GA+BA dilakukan menggunakan aplikasi berbasis website dengan dasar logical script PHP. Pada tahap implementasinya, running server PHP menjalankan script cooding dan hasilnya ditampilkan kedalam informasi user interface konten website. Dimana Interaksi user interface antara pengguna dan aplikasi website difasilitasi melalui konsep AJAX, sehingga tampilan loading konten dapat secara real-time tanpa perlu memuat ulang halaman. Setiap iterasi dari algoritma ditampilkan kepada pengguna, memungkinkan monitoring dan penyesuaian parameter secara dinamis. Implementasi cooding program tidak mengurangi aturan fungsi logika peneliti sebelumnya, Contoh aturan yang tidak dikurangi yaitu perhitungan nilai *fitness* dari individunya. Pada proses perhitungan nilai *fitness* masih menggunakan rumus:

Fitness Poin = 1/(1 + Penalty).....(1)
Untuk menentukan nilai Penalty maka tetap didasarkan kriteria-kriteria berikut:

Tabel 10 Keterangan Kondisi Fitness

No	Kondisi	Penalty
1.	Jika dua mata kuliah praktikum mempunyai ruangan dan jam yang sama pada hari yang sama.	Penalty++
2.	Jika ada mata kuliah praktikum pada hari Jumat pukul 12.00.	Penalty++

3.	Jika ada asisten praktikum pada ruangan, slot waktu, dan hari yang sama.	Penalty++
4.	Jika seorang asisten praktikum mengajar lebih dari dua kali.	Penalty++
5.	Jika mata kuliah praktikum yang sama muncul lebih dari 4 kali.	Penalty++

Pada Implementasi penelitian ini juga melibatkan beberapa Informasi kondisi utama perangkat sebagai berikut:

Tabel 11 Kondisi Perangkat Penelitian

KOMPONEN	INFORMASI
Operating System	Windows 11 Home 64 Bit
Processor	Intel(R) Pentium(R) CPU 4425Y @1,70GHz (4CPUs)
Memory	4096 RAM
Kapasita SSD	120 GB
Server Apache	XAMPP V.3.2.2 (PHP v7.3.0)
Versi Mysql	mysqlnd 5.0.12-dev
Web Browser	Chrome V126.0.6478.187 (64Bit)

3.6. Analisis Perbandingan GA dan GA+BA
Analisis Perbandingan dilakukan berdasarkan beberapa kriteria, yaitu nilai fitness akhir, waktu komputasi, dan kualitas penjadwalan. Analisis statistik digunakan untuk menentukan dan memahami signifikansi perbedaan hasil antara GA dan GA+BA. Hasil analisis ini diharapkan dapat menunjukkan apakah integrasi Bee Algorithm ke dalam Algoritma Genetika secara signifikan meningkatkan kinerja penjadwalan otomatis.

3.7. Laporan Hasil

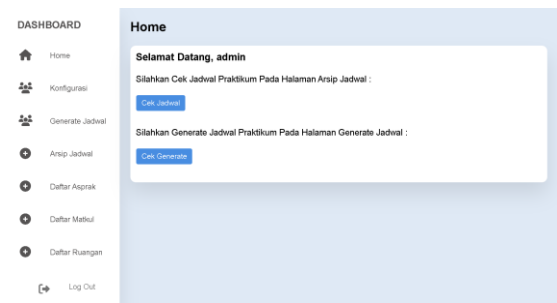
Tahap Laporan berisi kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis perbandingan GA dan GA+BA dalam memberikan solusi permasalahan penjadwalan mata kuliah. Hasil kesimpulan ini dapat dijadikan salah satu solusi optimal penyelesaian permasalahan penjadwalan praktikum. Tahapan laporan juga berisi saran dalam penelitian selanjutnya

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Implementasi Interface Sistem

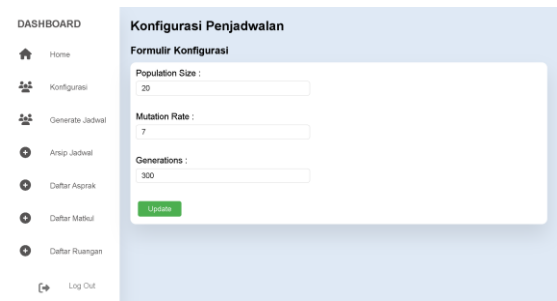
Tampilan aplikasi berbasis website pada penelitian ini menjadi sarana pendukung untuk menemukan dan menampilkan hasil penelitian terkait perbandingan GA dan GA+BA. Berikut ini fitur konten aplikasi yang telah dibuat meliputi fitur login, dashboard, konfigurasi parameter algoritma, Arsip Jadwal, data asisten praktikum, data matakuliah, data ruangan, dan generate jadwal otomatis. Untuk fitur konten data jam dan data

kelas hanya diinputkan langsung dengan query mysql.



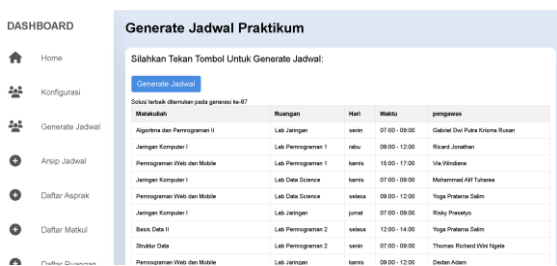
Gambar 2 Tampilan Dashboard Aplikasi

Gambar 2 merupakan tampilan halaman awal setelah login berhasil. Untuk selanjutnya jika pengguna ingin menjalankan fitur konten lainnya tinggal klik menu tombol pada tampilan tersebut.



Gambar 3 Tampilan Konfigurasi Jadwal

Gambar 3 merupakan tampilan halaman fitur pengolahan konfigurasi parameter algoritma penjadwalan yang digunakan untuk mendukung setiap perubahan parameter algoritmanya.



Gambar 4 Tampilan Generate Jadwal

Gambar 4 merupakan tampilan halaman untuk mulai membuat jadwal otomatis.

4.2. Analisis Uji GA melawan GA+BA

Pada proses ini, akan dilakukan pengujian perbandingan kinerja antara GA melawan GA+BA, sebagai upaya memaksimalkan solusi penjadwalan matakuliah praktikum. Pengujian ini juga dilakukan dengan 2 Pola Konfigurasi Parameter yang berbeda. Hal tersebut

dilakukan dengan tujuan mencari solusi terbaik atau optimal berdasarkan nilai fitness satu atau mendekati satu. Untuk komponen parameternya, meliputi ukuran populasi (population Size), generasi (Generations), dan tingkat mutasi (Mutation Rate).

Pada pengujian Tabel 12 dan Tabel 13 menunjukkan pengujian GA melawan GA+BA dengan konfigurasi Population Size = 20, Mutation Rate = 10, dan Generations = 100, serta akan dilakukan generate jadwal sebanyak tujuh kali.

Tabel 12 Catatan Kondisi Uji Pola 1 (GA)

Jadwal	Nilai fitness	Waktu eksekusi	Generasi terbaik
1	1	2,38 Detik	47
2	0,5	2,13 Detik	2
3	0,5	1,54 Detik	1
4	1	2,26 Detik	59
5	0,5	2,25 Detik	2
6	0,5	2,12 Detik	31
7	1	2,34 Detik	69
Rata-Rata	0,79	2,15 detik	30

Tabel 13 Catatan Kondisi Uji Pola1 (GA+BA)

Jadwal	Nilai fitness	Waktu eksekusi	Generasi terbaik
1	1	3,28 Detik	2
2	1	3,12 Detik	87
3	1	3,41 Detik	21
4	1	3,38 Detik	44
5	0,5	3,42 Detik	2
6	1	3,56 Detik	3
7	1	3,96 Detik	71
Rata-Rata	0,93	3,45 detik	33

Pada pengujian Tabel 14 dan Tabel 15 menunjukkan pengujian GA melawan GA+BA dengan konfigurasi Population Size = 40, Mutation Rate = 20, dan Generations = 200, serta akan dilakukan generate jadwal sebanyak tujuh kali.

Tabel 14 Catatan Kondisi Uji Pola 2 (GA)

Jadwal	Nilai fitness	Waktu eksekusi	Generasi terbaik
1	0,5	17,85 Detik	13
2	1	15,12 Detik	53
3	1	11,92 Detik	65
4	1	15,23 Detik	44
5	1	15,54 Detik	38
6	1	14,06 Detik	2
7	1	15,57 Detik	17
Rata-Rata	0,93	15,04 detik	33

Tabel 15 Catatan Kondisi Uji Pola 2 (GA+BA)

Jadwal	Nilai fitness	Waktu eksekusi	Generasi terbaik
1	1	25,23 Detik	142
2	1	26,95 Detik	33
3	1	24,20 Detik	24
4	1	24,62 Detik	12
5	1	23,85 Detik	99

6	1	25,62 Detik	45
7	1	27,12 Detik	27
Rata-Rata	1	25,37 detik	54

Dari percobaan berdasarkan dua pola pengaturan konfigurasi parameter yang berbeda, ditemukan hasil yang ditunjukkan pada tabel 16.

Tabel 16 Catatan Kondisi Uji Pola 1 dan Pola 2

Pola Uji	Nilai fitness	Waktu eksekusi	Generasi terbaik
1 (GA)	0,79	2,15 Detik	30
2 (GA)	0,93	15,04 Detik	33
Rata (GA)	0,86	8,59 detik	13
1 (GA+BA)	0,93	3,45 Detik	33
2 (GA+BA)	1	25,37 Detik	54
Rata (GA+BA)	0,98	14.41 detik	13

Hasil percobaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa GA+BA memiliki rata-rata nilai fitness sebesar 0,98 dengan waktu eksekusi rata-rata sebesar 14,41 detik. Sedangkan GA memiliki rata-rata nilai fitness sebesar 0,86 dengan waktu eksekusi rata-rata sebesar 8,59 detik.

5. Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penjadwalan matakuliah praktikum yang dihasilkan oleh kombinasi Algoritma Genetika dan Bee Algorithm (GA+BA) memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan penggunaan Algoritma Genetika (GA) saja. Terlihat secara konsisten GA+BA menghasilkan nilai fitness yang lebih unggul dari pada GA. Rata-rata nilai fitness GA+BA sebesar 0,98 dibandingkan dengan GA yang hanya 0,86. Sehingga dapat disimpulkan Penggunaan BA cukup membantu dalam eksplorasi ruang solusi yang lebih luas dan eksploitasi lokal yang lebih efektif. Namun Rata-rata waktu komputasi GA+BA adalah 14,41 detik, sedangkan GA adalah 8,59 detik. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan solusi lain yang memecahkan masalah optimum local GA namun waktu komputasinya juga meningkat.

Daftar Pustaka

- Ardiansyah, H., & Junianto, M. B. S. (2022). Penerapan Algoritma Genetika untuk Penjadwalan Mata Pelajaran. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 6(1), 329. <https://doi.org/10.30865/mib.v6i1.3418>
- Azhar, Z. (2020). Analisis Faktor Prioritas dalam Pemilihan Mata Kuliah Praktek pada Prodi Sistem Informasi Menggunakan Metode AHP. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 11(1), 120–129. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v11i1.33>

- 93
- Baronti, L., Castellani, M., & Pham, D. T. (2020). An analysis of the search mechanisms of the bees algorithm. *Swarm and Evolutionary Computation*, 59(July). <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2020.100746>
- Ebubekir, K. (2010). The bees algorithm theory , improvements and applications. In *ProQuest* (Issue March).
- Eka Yulia Sari, Dina Yulina H, & Titik Rahmawati. (2023). Pemodelan Sistem Optimasi Penjadwalan Matakuliah Dengan Algoritma Genetika. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 4(1), 70–78. <https://doi.org/10.46764/teknimedia.v4i1.97>
- Handayani, T., Fudholi, D. H., & Rani, S. (2020). Kajian Algoritma Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah. *PETIR: Jurnal Pengkajian Dan Penerapan Teknik Informatika*, 13(2), 212–222. <https://doi.org/10.33322/petir.v13i2.1027>
- Josi, A. (2017). Implementasi Algoritma Genetika pada Aplikasi Penjadwalan Perkuliahan Berbasis Web dengan mengadopsi model Waterfall (Studi Kasus: STMIK Prabumulih). *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 2(2), 77–83. <https://doi.org/10.30591/jpit.v2i2.517>
- Katoch, S., Chauhan, S. S., & Kumar, V. (2021). A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimedia Tools and Applications*, 80(5), 8091–8126. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6>
- Kerin, M., Hartono, N., & Pham, D. T. (2023). Optimising remanufacturing decision-making using the bees algorithm in product digital twins. *Scientific Reports*, 13(1), 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27631-2>
- Mone, F., & Simarmata, J. E. (2021). Aplikasi Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Kuliah. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 15(4), 615–628. <https://doi.org/10.30598/barekengvol15iss4p615-628>
- Nazarius, A., Pratama, R. D., Soebagijo, R. A., Priskila, R., & Pranatawijaya, V. H. (2024). Pengimplementasian Algoritma Genetika Dalam Sistem Penjadwalan Praktikum. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), 3237–3243.
- Rahmi, A., Mahmudy, W. F., & Anam, S. (2017). Hibridisasi Algoritma Genetika Dengan Variable Neighborhood Search (VNS) Pada Optimasi Biaya Distribusi. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(2), 87. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201742287>
- Rohmawati, R. M., Fathoni, M. I. A., & Ismanto, I. (2022). Penerapan Algoritma Welch-Powell Pada Penyusunan Jadwal Perkuliahan di Program Studi Pendidikan Matematika. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 10(2), 200–210. <https://doi.org/10.34312/euler.v10i2.16649>
- Roihan, A., Nasution, K., & Siambaton, M. Z. (2022). Implementasi Algoritma Greedy Kombinasi dengan Perulangan pada Aplikasi Penjadwalan Praktikum. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 1(2), 42–50. <https://doi.org/10.56211/sudo.v1i2.8>
- Yuce, B., Fruggiero, F., Packianather, M. S., Pham, D. T., Mastrocinque, E., Lambiase, A., & Fera, M. (2017). Hybrid Genetic Bees Algorithm applied to single machine scheduling with earliness and tardiness penalties. *Computers and Industrial Engineering*, 113, 842–858. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.07.018>