



Computer Based Information System Journal

ISSN (Print): 2337-8794 | E- ISSN : 2621-5292
 web jurnal : <http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/cbis>



Perancangan dan Pengembangan Aplikasi Web Order Scheduling pada Perusahaan Manufaktur dengan Penerapan Algoritma Genetika

Suwarno¹, Andry²

^{1,2}Universitas Internasional Batam, Indonesia.

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 27 Februari 2022
 Diterbitkan Online: 28 Maret 2022

KATA KUNCI

Manufaktur, Sistem Penjadwalan
 Produksi, Pencarian Heuristik,
 Algoritma Genetika

KORESPONDENSI

E-mail: suwarno.liang@uib.ac.id

ABSTRACT

Penjadwalan produksi pada perusahaan manufaktur merupakan salah satu komponen penting dalam keberlangsungan hidup perusahaan. Potensi kesalahan yang disebabkan oleh penjadwalan produksi secara manual dapat memberikan dampak buruk berupa kerugian material, waktu, dan finansial. Untuk memberikan solusi terhadap permasalahan ini digunakan pendekatan pencarian heuristik, pencarian yang didasari oleh aturan-aturan yang digunakan untuk menemukan solusi. Metode pencarian heuristik yang digunakan adalah algoritma genetika. Penelitian ini akan merancang dan mengembangkan sistem yang bertujuan untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh penjadwalan secara manual dengan mengimplementasikan algoritma genetika. Parameter yang digunakan di dalam penjadwalan adalah nilai probabilitas crossover, nilai probabilitas mutasi, jumlah maksimal generasi, dan jumlah maksimal error. Penelitian ini dilakukan dengan studi kasus PT. XYZ yang bergerak di bidang manufaktur produk kemasan dari kertas yang masih menggunakan penjadwalan secara manual dengan mengurutkan pekerjaan yang masa jatuh temponya terdekat. Dengan 36 operasi pekerjaan dan 10 mesin, didapatkan hasil terbaik yaitu total waktu penyelesaian pekerjaan adalah 22 hari kerja dengan lama waktu eksekusi program adalah 4.75357099983215 detik. Hasil tersebut didapatkan dengan parameter probabilitas crossover sebesar 0.8, probabilitas mutasi 0.7, jumlah generasi maksimal 500, dan jumlah error maksimal 10

I. Latar Belakang

Persaingan industri yang sangat ketat saat ini menyebabkan pertumbuhan industri yang mempengaruhi perusahaan yang mempengaruhi perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dalam kegiatan produksinya [1]. Salah satunya yaitu dalam bidang manufaktur. Cara tepat yang dilakukan oleh suatu perusahaan dalam meningkatkan produktivitas dalam kegiatan produksinya yaitu dengan membuat sistem penjadwalan produksi. Penjadwalan produksi pada perusahaan manufaktur

merupakan salah satu komponen penting dalam keberlangsungan hidup perusahaan [2].

Penjadwalan sendiri mempunyai definisi yaitu berupa pengurutan beberapa sumber daya tertentu untuk mengerjakan atau membuat satu atau lebih produk secara menyeluruh[3]. Dalam industri manufaktur, terdapat banyak kendala yang tidak dapat diprediksi seperti kerusakan pada mesin, perubahan pesanan dan pembatalan pesanan. Akibatnya, penjadwalan awal produksi harus disesuaikan dengan keadaan yang

berlaku. Sehingga diperlukan tindakan penjadwalan ulang untuk mengatasi permasalahan yang timbul dari perubahan keadaan [4]. Permasalahan yang timbul berupa penundaan yang menyebabkan operator dan mesin tidak bekerja secara optimal, memperpanjang total waktu penyelesaian pekerjaan dan keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan [5].

Potensi kesalahan yang disebabkan oleh penjadwalan produksi secara manual dapat memberikan dampak buruk berupa kerugian material, waktu, dan finansial [6]. Dalam penyelesaian masalah penjadwalan diperlukan teknik penjadwalan yang ditujukan untuk memenuhi kriteria tertentu. Beberapa kriteria tersebut didefinisikan oleh [7].

Untuk mengatasi masalah dari penjadwalan produksi manual, banyak penelitian telah dilakukan. Salah satu cara terbaik untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan menggunakan pendekatan pencarian heuristik yaitu metode algoritma genetika yang merupakan salah satu kecerdasan buatan [6]. Algoritma genetika dikembangkan pertama kali pada tahun 1975 di Michigan University, Amerika Serikat oleh John Holland. Kemudian, David Golberg yang merupakan murid dari John Holland mempopulerkan algoritma ini pada tahun 1989 [8]. Algoritma genetika terbukti mampu menyelesaikan masalah penjadwalan, sebanyak 26.4% penelitian yang berhubungan dengan permasalahan penjadwalan menggunakan algoritma genetika sebagai solusi yang dapat diimplementasikan [9]. Sebagai studi kasus yang digunakan, PT. XYZ yang menggunakan penjadwalan produksi secara manual untuk memproduksi kemasan produk dari kertas. Penjadwalan manual dilakukan berdasarkan tanggal jatuh tempo pekerjaan yang paling awal. Dengan demikian, beberapa jadwal masih dapat ditingkatkan karena ada beberapa mesin yang tidak beroperasi / dalam posisi *idle*. Penelitian ini dilakukan untuk membuktikan penggunaan algoritma genetika dalam menyelesaikan masalah penjadwalan produksi pada studi kasus ini dengan

mengembangkan aplikasi berbasis web untuk melakukan penjadwalan produksi.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memberikan solusi alternatif yang dapat meningkatkan produktifitas dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk penjadwalan yang lebih cepat.
2. Untuk mengurangi waktu penyelesaian dan waktu lama tunggu pelanggan.
3. Sebagai pembuktian bahwa penjadwalan produksi yang baik akan mengurangi keterlambatan dalam pekerjaan.

II. Kajian Literatur

Penelitian sebelumnya yang mengangkat permasalahan penjadwalan manufaktur sebagai topik adalah penelitian Zhang et al. [10]. Penelitian ini mempertimbangkan waktu pemrosesan setiap operasi pekerjaan dan waktu perpindahan dari mesin ke mesin yang lain ketika operasi pekerjaan akan dilanjutkan. Metode yang digunakan disini adalah algoritma genetika yang sudah lebih dikembangkan. Hasil akhir dari penelitian adalah solusi yang menjawab permasalahan penjadwalan manufaktur berdasarkan faktor yang dipertimbangkan. Dalam penyelesaiannya, solusi awal dibangkitkan dengan menggunakan 3 metode yang berbeda agar mendapatkan hasil yang beragam. Kemudian dilanjutkan dengan metode crossover yang berhasil mempertahankan solusi yang baik dan meningkatkan solusi yang kurang efektif.

Penelitian serupa dilakukan oleh Suhendra et al. [11] dengan studi kasus PT. XYZ. Tujuan dari penelitian ini adalah meminimalisir total nilai tardiness dengan implementasi algoritma genetika. Solusi awal dibuat dengan mengurutkan pekerjaan berdasarkan prioritas pekerjaan yang masa jatuh tempo terdekat dan kemudian dilakukan pengoptimalan dengan menggunakan algoritma genetika untuk menghasilkan jadwal terbaik. Penelitian ini menggunakan 203 pekerjaan dan 9 mesin yang identik dalam percobaannya dan berhasil mengurangi nilai tardiness hingga 87.9%. mesin yang digunakan adalah identik

dan pekerjaan dilakukan secara paralel pada setiap mesin.

Selanjutnya, Ansari & Saubari [12] melakukan penelitian dengan implementasi algoritma genetika dalam sistem penjadwalan dosen yang membutuhkan kecepatan dan ketepatan dalam jadwalnya. Penelitian berhasil memberikan hasil yang efektif sesuai kebutuhan. Hasil efektif dipengaruhi oleh penggunaan nilai crossover dan mutasi yang tepat. Aturan-aturan seperti soft-constraint (preferences) dan hard-constraint digunakan dengan tepat untuk menjaga konsistensi struktur kromosom sehingga tidak rusak karena proses crossover. Soft-constraint (preferences) adalah aturan yang bersifat dapat dilanggar namun akan mengurangi nilai fitness sedangkan hard-constraint adalah aturan yang tidak boleh dilanggar.

Hasan et al. [13] membangun sistem penjadwalan kursus sebagai penelitiannya di STT Wastukencana Purwakarta. Sistem yang dibangun mengaplikasikan algoritma genetika dalam proses penjadwalannya. Pengkodean kromosom dilakukan berdasarkan data dosen, waktu, hari, dan ruangan. Crossover dilakukan dengan menggunakan metode two-points cut dan mutasi dilakukan dengan metode membandingkan nilai acak dan probabilitas mutasi sebelum dilakukan perubahan gen. Hasil penelitian membuktikan algoritma genetika memberikan hasil optimal 416 data pendukung dengan populasi berukuran 30, jumlah generasi sebesar 150, probabilitas crossover 40%, dan probabilitas mutasi sebesar 70%. Sistem yang dibangun menggunakan metode pengembangan SDLC dan menerapkan arsitektur MVC.

Terakhir, penelitian yang dilakukan oleh Adhy & Kushartantya [14] yang berhasil menyelesaikan permasalahan penjadwalan job shop dengan penerapan algoritma genetika pada perusahaan manufaktur. Sistem yang dikembangkan menggunakan Delphi 6. Penelitian berakhir dengan pembuktian keberhasilan penjadwalan produksi dengan 3 pekerjaan dan 3 mesin. Hasil akhir penjadwalan memberikan total waktu penyelesaian pekerjaan 138 menit dan program berhenti

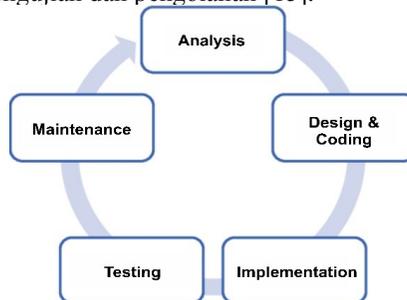
pada generasi ke 9. Parameter penjadwalan yang digunakan adalah 0.8 laju crossover, 0.3 laju mutasi, 500 generasi maksimal, dan 3 error maksimal.

III. Metodologi

Dalam perancangan Aplikasi Web Order Scheduling pada Perusahaan Manufaktur, metode yang digunakan dalam pengembangan sistem ini yaitu metode SDLC (System Development Life Cycle). Algoritma genetika digunakan sebagai metode dalam penjadwalan.

III.1. System Development Life Cycle (SDLC)

Dalam pengembangan sistem terdiri dari analisis, desain, implementasi, pengujian dan pengolahan [15].



Gambar 1 Tahap SDLC

a. Analysis

Menganalisis data dan prosedur yang diperlukan di dalam aplikasi yang dikembangkan. Dengan adanya tahap analisis maka peneliti dapat menyusun semua kebutuhan dengan baik sehingga akan mempermudah pengerjaan pada tahapan berikutnya [16].

b. Design

Setelah melalui tahapan analisis, hasil yang didapatkan akan dituangkan dalam bentuk desain. Desain yang dimaksud adalah desain tampilan User Interface (UI) dan Entity Relationship Diagram (ERD). Hasil dari tahapan ini adalah rancangan UI dan ERD.

c. Implementation

Tahap implementasi adalah tahap peneliti melakukan implementasi terhadap hasil yang didapatkan dari tahap sebelumnya. Semua analisis dan desain yang didapatkan setelah melalui tahapan

sebelumnya akan diimplementasikan menjadi suatu aplikasi utuh. Pada implementasi aplikasi ini akan diterapkan metode Algoritma Genetika sebagai metode penyusunan dan optimasi penjadwalan yang dijelaskan pada bagian Metode Algoritma Genetika.

d. Testing

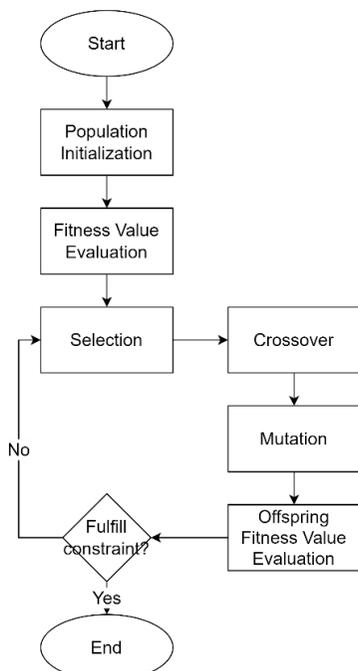
Setelah selesai tahap implementasi, selanjutnya akan dilakukan uji coba terhadap sistem yang sudah jadi. Uji coba dilakukan dengan menguji fungsi dan kemampuan sistem dalam menghasilkan dan mengoptimalkan jadwal. Uji coba seperti ini disebut juga sebagai Black Box Testing yang menguji suatu sistem dari fungsinya.

e. Maintenance

Penelitian ini tidak melakukan tahap maintenance dikarenakan kurangnya dana dan efek pandemi yang menyulitkan proses pemeliharaan.

III.2. Algoritma Genetika

Dalam penyusunan & optimasi penjadwalan akan digunakan salah satu pendekatan pencarian heuristik, yaitu Algoritma Genetika [17]. Tahapan algoritma genetika dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Tahap Algoritma Genetika

<http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/cbis>

a. Initial Population

Tahap pertama adalah inialisasi populasi awal, populasi diartikan sebagai kumpulan kromosom dalam bentuk jadwal yang memiliki spesifikasi seperti tipe proses, waktu proses dan urutan proses. Kromosom dalam populasi awal dibentuk secara acak.

b. Fitness Value Evaluation

Dengan adanya spesifikasi tersendiri maka dapat dihitung total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap jadwal di dalam populasi. Total waktu penyelesaian jadwal tersebut yang akan dijadikan sebagai penentu dalam tahap evaluasi Fitness Value.

c. Selection

Tahapan ini merupakan tahapan seleksi kromosom yang telah melalui evaluasi. Kromosom terpilih yang akan digunakan sebagai induk untuk menghasilkan keturunan. Ada beberapa cara untuk melakukan selection seperti roulette wheel selection dan tournament selection. Roulette wheel selection lebih mampu menghasilkan kromosom yang beragam dan memberikan peluang yang lebih besar kepada kromosom dengan nilai fitness yang lebih tinggi untuk dipilih sebagai induk. Sedangkan pemilihan turnamen melakukan perbandingan untuk mendapatkan yang terkuat / terbaik saja sehingga tidak ada variasi yang banyak.

d. Crossover

Setelah mendapatkan induk dari proses seleksi, selanjutnya akan dilakukan crossover. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan crossover adalah one point crossover, two points crossover, dan uniform crossover. Tahap crossover akan diakhiri dengan menghasilkan kromosom baru yang disebut sebagai keturunan/anak. Jumlah anak yang dihasilkan harus sama persis dengan induknya, sehingga tidak terjadi perubahan jumlah kromosom dalam populasi. Tahap crossover dipengaruhi oleh tingkat probabilitas crossover yang ditentukan sebelum memulai algoritma. Jadi, ada kemungkinan suatu kromosom tidak melewati tahap crossover.

e. Mutation

Dengan membangkitkan bilangan bulat acak antara 0 sampai 1 untuk setiap

kromosom untuk menentukan apakah kromosom akan melalui tahap mutasi atau tidak. Ada berbagai metode untuk melakukan mutasi seperti mutasi level bit dan mutasi swap. Mutasi level bit adalah mutasi dengan mengubah nilai 0 menjadi 1 atau sebaliknya. Mutasi swap adalah mutasi dengan menukar posisi 2 nilai dari suatu kromosom. Posisi swapping dilakukan secara acak.

f. Termination

Setelah mutasi, populasi akan menjadi satu generasi kumpulan kromosom baru. Evaluasi terhadap keturunan untuk mendapatkan nilai fitness dan melakukan pengecekan dengan generasi sebelumnya untuk melihat apakah kendala terpenuhi atau tidak. Jika terpenuhi, aplikasi akan berasumsi bahwa hasil optimal telah ditemukan dan akan menghentikan algoritma. Jika tidak, aliran akan berlanjut ke seleksi, crossover dan mutasi secara berulang sampai batasan terpenuhi dan algoritma dapat dihentikan.

Bagian ini dapat berisi teori sebagai pendukung penelitian.

IV. Pembahasan

IV.1. Perencanaan Sistem

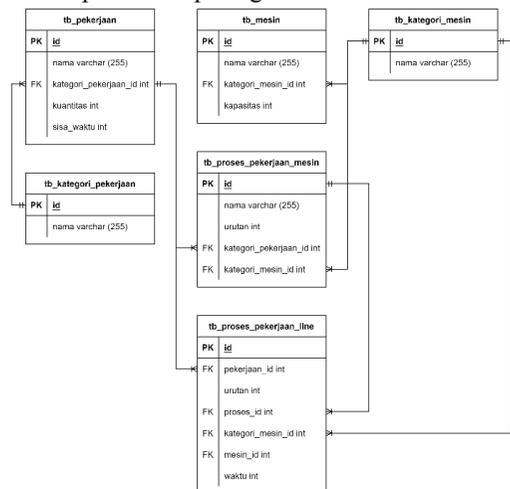
Dalam perencanaan sistem, dilakukan pengumpulan informasi terlebih dahulu berupa persyaratan dan keperluan sistem berdasarkan studi kasus, berikut daftar persyaratan dan keperluan sistem berdasarkan studi kasus:

- a. Terdapat 4 macam mesin (diecut, guillotine, glue, punch hole)
- b. Terdapat 10 mesin (4 mesin diecut, 1 mesin guillotine, 3 mesin glue, dan 2 mesin punch hole)
- c. Terdapat 2 macam kategori pekerjaan (paper bag dan card box)
- d. Mesin yang sedang memproses pekerjaan tidak dapat dihentikan
- e. Setiap pekerjaan sudah memiliki proses pekerjaan yang berurut dan ditentukan berdasarkan kategori pekerjaan
- f. Proses pengerjaan selanjutnya harus menunggu proses sebelumnya selesai
- g. 1 buah mesin hanya dapat memproses 1 proses pekerjaan dalam 1 waktu

- h. Kemampuan kerja setiap mesin sudah ditentukan sebelumnya

IV.2. Desain Sistem

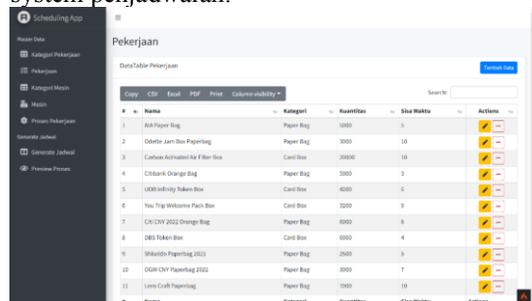
Desain sistem dilakukan dengan membuat Entity Relationship Diagram (ERD). Dengan menggunakan ERD akan membantu dalam hal organisasi data dengan menggunakan entitas-entitas dan hubungan antar entitas [18]. Selain itu, ERD juga mempermudah analisis kebutuhan basis data sehingga pembangunan sistem menjadi lebih cepat dan mudah [19]. Hasil perancangan ERD dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 ERD Sistem Penjadwalan Produksi

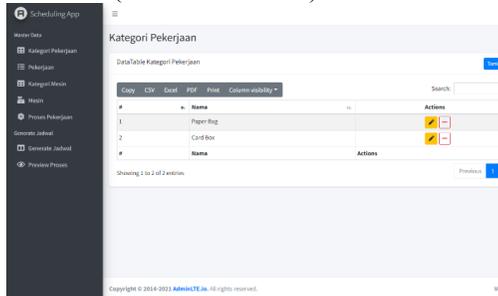
IV.3. Pengembangan Sistem

Berdasarkan perencanaan dan desain sistem, dilanjutkan tahap pengembangan sistem. Fokus utama sistem adalah dapat menghasilkan jadwal yang bervariasi guna mencari hasil yang optimal. Berikut tampilan menu-menu yang terdapat pada system penjadwalan:



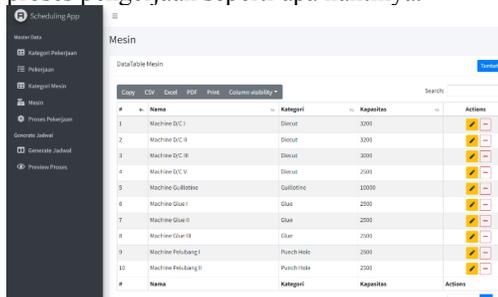
Gambar 4 Halaman Daftar Pekerjaan

Daftar pekerjaan berisikan pekerjaan apa saja yang akan dijadwalkan prosesnya. Data-data yang dibutuhkan adalah nama pekerjaan, kategori pekerjaan, kuantitas order, dan lama waktu pengerjaan yang diberikan (dalam satuan hari).



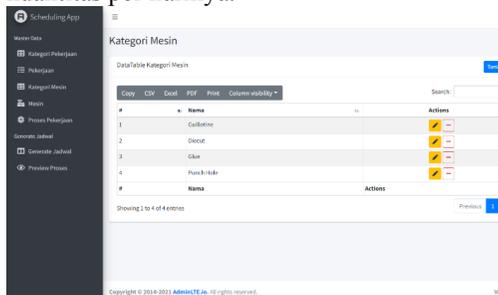
Gambar 5 Halaman Daftar Kategori Pekerjaan

Daftar kategori pekerjaan berisikan nama dari kategori yang ada. Kegunaan kategori pekerjaan adalah sebagai penentu proses pengerjaan seperti apa nantinya.



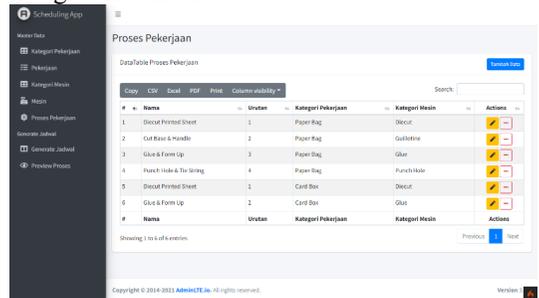
Gambar 6 Halaman Daftar Mesin

Daftar mesin yang memuat data mesin apa saja yang dimiliki dan dapat digunakan. Data yang diperlukan adalah data nama mesin, kategori mesin, dan kapasitas / kemampuan penyelesaian dalam satuan kuantitas per harinya.



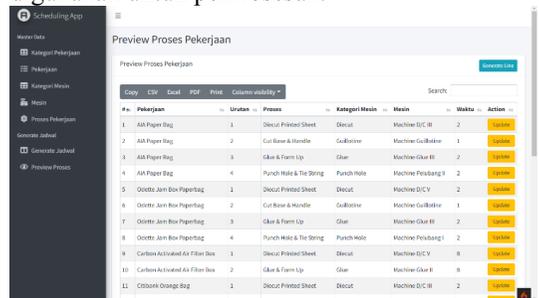
Gambar 7 Halaman Daftar Kategori Mesin

Daftar kategori mesin memuat nama-nama kategori mesin yang ada. Data yang diperlukan didaftar ini adalah nama untuk kategori mesin tersebut.



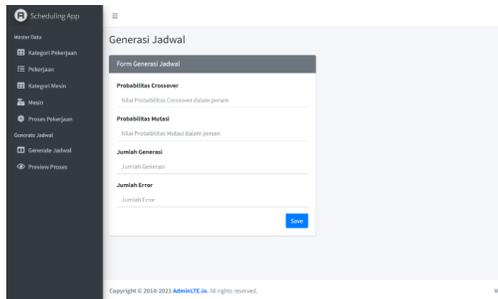
Gambar 8 Halaman Daftar Proses Pekerjaan

Daftar ini berguna untuk menghubungkan antara kategori, proses pekerjaan, kategori mesin yang digunakan, dan urutan pengerjaan pada kategori pekerjaan tersebut. Data yang diperlukan adalah data nama proses, kategori pekerjaan, urutan pengerjaan, dan kategori mesin yang digunakan untuk pemrosesan.



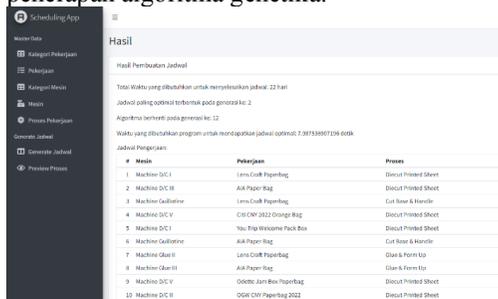
Gambar 9 Halaman Daftar Preview Proses Pekerjaan

Daftar ini menampilkan seluruh proses pekerjaan yang didapatkan dari seluruh pekerjaan yang sedang ada. Daftar ini berguna untuk pengguna agar dapat mengubah waktu / mesin yang digunakan sesuai dengan keadaan lapangan. Untuk uji coba, penulis membuat suatu fungsi yang dapat menghasilkan daftar seluruh pekerjaan dengan pemilihan mesin yang digunakan secara acak namun masih dalam kategori mesin yang diperlukan dan kemudian dihitung prosesnya. Untuk daftar ini akan digunakan dalam pembentukan kromosom dalam penerapan algoritma genetika.



Gambar 10 Halaman Form Generasi Jadwal

Halaman ini menampilkan sebuah form yang perlu diisi untuk mendapatkan informasi probabilitas crossover, probabilitas mutasi, jumlah generasi maksimal, dan jumlah error maksimal. Pada halaman ini, data yang diberikan akan digunakan sebagai parameter dalam penerapan algoritma genetika.



Gambar 11 Halaman Hasil Generasi Jadwal

Bagian ini menampilkan hasil dari penerapan algoritma genetika. Hasil ini dapat berubah – ubah meski diberikan parameter yang tetap dikarenakan populasi awal yang dibangkitkan dengan bilangan acak pada kromosomnya.

IV.4. Penerapan Algoritma Genetika

Sebelum dilakukan implementasi siklus algoritma genetika, diperlukan pemodelan individu / pembuatan susunan kromosom berdasarkan permasalahan yang diangkat. Individu dimodelkan dengan menggunakan kromosom tunggal yang terdiri dari sejumlah gen yang nilainya merupakan operasi dalam pekerjaan. Panjang dari kromosom didefinisikan sebagai nilai total dari operasi pekerjaan secara keseluruhan. Contoh:

Dalam kasus 10 pekerjaan dengan 36 operasi pekerjaan:

Kromosom: 12, 18, 1, 1, 12, 17, 20, 18, 1, 19, 20, 16, 14, 19, 19, 16, 14, 15, 12, 13, 17, 13, 14, 14, 12, 17, 20, 21, 20, 19, 1, 21, 21, 17, 21, 15

Penjelasan:

Gen 1 dinyatakan dengan angka “12” yang artinya adalah operasi urutan 1 dari pekerjaan “12”. Gen 2 dinyatakan dengan angka “18” yang artinya adalah operasi urutan 1 dari pekerjaan “18”. Gen 3 dinyatakan dengan angka “1” yang artinya adalah operasi urutan 1 dari pekerjaan “1”. Gen 4 dinyatakan dengan angka “1” yang artinya adalah operasi urutan ke 2 dari pekerjaan “1” dan seterusnya hingga mencapai gen terakhir yaitu gen ke 36 dengan angka “15” yang merupakan operasi urutan ke 2 dari pekerjaan “15”. Untuk ilustrasi bisa dilihat dibawah ini.

12	18	1	1	...	15
J 12.1	J 18.1	J 1.1	J 1.2	...	J 15.2

Gambar 12 Contoh Kromosom

Dalam setiap gen kromosom sudah ditentukan untuk setiap urutan proses pekerjaan dikerjakan pada mesin dan waktu yang dibutuhkan. Kemudian berdasarkan data mesin dan waktu yang ditetapkan akan dipetakan ke dalam bentuk grafik untuk melihat lama waktu total untuk menyelesaikan suatu kromosom / jadwal.

1. Initialization

Inisialisasi populasi awal dilakukan dengan membangkitkan 10 individu dengan kromosom yang dibangkitkan secara acak. Dari inisialisasi ini kemudian akan dihitung nilai fitness value per masing – masing individu dan siklus pun dimulai.

2. Evaluation

Evaluasi yang dilakukan adalah evaluasi terhadap nilai fitness value, probabilitas nilai fitness, dan probabilitas kumulatif nilai fitness per masing – masing kromosom. Rumus – rumus yang digunakan didefinisikan sebagai berikut:

$$fitness(i) = \frac{Totalwaktu(i)}{Totalwaktupopulasi} \tag{1}$$

$$\text{prob. fitness}(i) = \frac{\text{fitnessvaluekromosom}(i)}{\text{Totalfitnessdalampopulasi}} \quad (2)$$

$$\text{prob. kumulatif}(i) = \sum_{j=1}^i \text{prob. fitness}(i) \quad (3)$$

Setiap hasil dari evaluasi akan dicatat ke dalam populasi untuk kemudian dilanjutkan. Hasil evaluasi kromosom pada populasi awal dapat dilihat pada gambar 13

Kromosom	Waktu	Fitness Value	Prob Fitness	Prob Kum
12, 18, 1, 1, 12, 17, 20, 18, 1, 19, 20, 16, 14, 19, 19, 16, 14, 15, 12, 13, 17, 13, 14, 14, 12, 17, 20, 21, 20, 19, 1, 21, 21, 17, 21, 15	30	10.16666667	0.100858832	0.1008
16, 1, 20, 13, 15, 14, 18, 14, 14, 17, 20, 19, 19, 1, 17, 21, 20, 16, 19, 21, 13, 21, 12, 17, 15, 12, 18, 12, 14, 20, 19, 21, 1, 17, 12, 1	27	11.2962963	0.112065369	0.21
13, 20, 17, 19, 19, 19, 12, 14, 17, 15, 21, 12, 14, 1, 20, 19, 18, 17, 12, 16, 13, 18, 16, 20, 1, 17, 1, 21, 14, 21, 15, 14, 21, 20, 1, 12	36	8.472222222	0.084049026	0.2969
13, 16, 19, 20, 14, 14, 19, 21, 17, 21, 19, 19, 12, 20, 17, 1, 15, 21, 16, 21, 1, 12, 14, 1, 1, 17, 12, 18, 20, 13, 14, 12, 15, 18, 20, 17	26	11.73076923	0.116375575	0.4133
1, 18, 13, 1, 16, 21, 13, 17, 17, 21, 20, 21, 1, 20, 12, 14, 19, 12, 19, 14, 12, 1, 14, 21, 16, 15, 15, 20, 20, 14, 17, 18, 19, 19, 17, 12	33	9.242424242	0.091689847	0.5050
21, 16, 14, 17, 18, 14, 20, 20, 21, 19, 19, 18, 13, 1, 15, 13, 19, 16, 1, 20, 12, 12, 20, 17, 17, 14, 1, 21, 1, 14, 17, 21, 19, 12, 12, 15	32	9.53125	0.094555155	0.5995
18, 12, 20, 20, 1, 1, 17, 17, 12, 21, 18, 21, 16, 12, 21, 14, 16, 20, 19, 13, 13, 1, 14, 19, 17, 20, 15, 15, 14, 14, 21, 19, 1, 19, 17, 12	31	9.838709677	0.097605321	0.6971
13, 17, 20, 19, 1, 19, 1, 14, 21, 12, 14, 14, 1, 12, 19, 18, 12, 14, 20, 20, 15, 15, 21, 17, 16, 20, 18, 16, 19, 12, 17, 21, 1, 13, 21, 17	31	9.838709677	0.097605321	0.7948
13, 14, 19, 17, 19, 17, 12, 21, 16, 21, 16, 1, 1, 14, 12, 20, 1, 18, 17, 12, 14, 20, 1, 19, 14, 20, 18, 15, 21, 13, 17, 19, 15, 21, 20, 12	30	10.16666667	0.100858832	0.8956
20, 1, 17, 16, 16, 1, 20, 19, 19, 14, 13, 14, 12, 21, 21, 19, 18, 17, 12, 1, 15, 12, 18, 21, 15, 1, 20, 20, 21, 14, 14, 13, 17, 17, 19, 12	29	10.51724138	0.104336722	
	305	100.8009561		

Gambar 13 Hasil Evaluasi Kromosom

3. Selection

Berdasarkan hasil evaluasi populasi awal akan dilakukan seleksi untuk menentukan kromosom yang akan dijadikan sebagai parents. Parents yang didapatkan akan digunakan untuk dikawin silangkan agar menghasilkan offspring yang jumlahnya sama dengan jumlah parents. Langkah untuk melakukan selection adalah sebagai berikut:

- Petakan operasi pekerjaan untuk mendapatkan total waktu penyelesaian jadwal
- Hitung total waktu yang diperlukan populasi
- Hitung nilai fitness setiap kromosom sesuai dengan rumus (1)
- Hitung nilai probabilitas fitness setiap kromosom dengan rumus (2)
- Hitung nilai probabilitas kumulatif setiap kromosom dengan rumus (3)

- Bangkitkan bilangan acak dengan menggunakan fungsi bawaan
- Berdasarkan nilai probabilitas crossover, cari letak bilangan acak dan ambil kromosom tersebut untuk dijadikan parents

4. Crossover

Kawin silang dilakukan secara berurut dengan arti parent 1 dikawinkan dengan parent 2, parent 2 dikawinkan dengan parent 3, parent 3 dikawinkan dengan parent 4 dan seterusnya hingga jumlah perkawinan sama dengan jumlah parent.

Ada banyak cara yang digunakan untuk melakukan crossover, pada tulisan ini digunakan crossover one cut point yang artinya memotong kromosom parent pada titik tertentu yang dibangkitkan berdasarkan angka acak dari batas 1 hingga panjang kromosom. Kemudian, menggabungkan kedua potongan kromosom untuk menjadi satu kesatuan yang utuh.

Sering kali kromosom yang sudah dibentuk mengalami kerusakan. Kerusakan terjadi dikarenakan oleh potongan kromosom yang dilakukan secara acak sehingga berkemungkinan untuk menyebabkan kelebihan operasi pekerjaan pada pekerjaan tertentu atau sebaliknya. Sehingga diperlukan sedikit perbaikan untuk mendapatkan offspring yang operasi pekerjaannya sama dengan parents. Terakhir setelah didapatkan offspring akan dimasukkan kembali ke dalam populasi dan membuang kromosom yang nilai total waktunya kurang dari offspring yang terbentuk sehingga menyisakan 10 kromosom sesuai dengan inisialisasi awal dan dilakukan kembali evaluasi kromosom.

5. Mutation

Melalui nilai probabilitas mutasi yang diisi oleh user, akan dibangkitkan suatu bilangan acak dan jika bilangan acak tersebut dibawah atau sama dengan nilai probabilitas mutasi, akan dilakukan mutasi. Cara mutasi yang digunakan adalah dengan menggunakan swap mutation. Swap mutation adalah mutasi yang menukar dua buah gen secara acak sehingga operasi pekerjaan tidak berubah dan struktur kromosom masih terjaga. Setelah

melakukan mutasi, selanjutnya adalah melakukan evaluasi kembali. Jika hasil evaluasi mengalami penurunan atau tetap seperti siklus sebelumnya, akan dianggap sebagai error.

6. Termination

Siklus algoritma genetika berakhir hanya ketika sudah mencapai nilai optimal. Nilai optimal yang dimaksud adalah kromosom dengan nilai terbaik saat batas generasi sudah tercapai atau saat jumlah error yang diperbolehkan tercapai. Jika belum tercapai, maka akan dilakukan pengulangan terus – menerus hingga memenuhi syarat terjadinya terminasi.

Hasil yang didapatkan dengan menggunakan contoh diatas adalah berhentinya algoritma ketika mencapai generasi ke – 15 dengan perolehan kromosom terbaik pada generasi ke – 10 dengan total waktu yang dibutuhkan adalah 22 hari kerja. Waktu yang dibutuhkan oleh program untuk mendapatkan hasil tersebut adalah selama 4.7535099983215 detik.

Analisis juga dilakukan pada sistem uji coba kombinasi parameter yang berbeda sebanyak 30 jenis dan diuji sebanyak 3 kali untuk setiap kombinasi parameter. Hasil yang didapatkan adalah sistem bekerja dengan baik ketika menggunakan parameter sebagai berikut:

- Probabilitas Crossover : 80%
- Probabilitas Mutasi : 70%
- Jumlah Generasi Maksimal : 500
- Jumlah Error Maksimal : 10

Dengan perolehan nilai rata – rata dari 3 kali tes adalah sebagai berikut:

- Waktu penyelesaian jadwal (hari) : 21.333
- Generasi terbentuk hasil terbaik : 11.333
- Generasi algoritma berhenti : 15.333
- Waktu eksekusi program : 10.178725

Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 14, gambar 15, dan gambar 16.

#	PARAMETER				HASIL					
	PROB. CROSSOVER (%)	PROB. MUTASI (%)	JUMLAH GENERASI MAKSIMAL	JUMLAH ERROR MAKSIMAL	TES	WAKTU JADWAL OPTIMAL (HARI)	GENERASI TERBENTUK	GENERASI BERHENTI	WAKTU EKSEKUSI PROGRAM (DETIK)	
1	60	30	500	5	TES 1	21	11	11	7.04579401	
					TES 2	21	1	6	3.938915014	
					TES 3	21	1	7	4.390377004	
					RATA - RATA	22.33333333	5	6	5.126072020	
					RATA - RATA	21.66666667	11.33333333	20	12.530476029	
2	60	40	500	5	TES 1	21	19	20	12.530476029	
					TES 2	22	0	11	7.151311988	
					TES 3	22	4	8	7.021648867	
					RATA - RATA	21.66666667	9.66666667	13.33333333	6.900143976	
					RATA - RATA	21.66666667	22	22	28.33815098	
3	60	50	500	5	TES 1	21	42	47	28.33815098	
					TES 2	22	12	16	6.562991971	
					TES 3	22	11	12	9.695487976	
					RATA - RATA	21.66666667	22	22	15.20054264	
					RATA - RATA	21.66666667	22	22	4.664895632	
4	60	60	500	5	TES 1	21	16	19	11.92926049	
					TES 2	22	6	11	7.108621836	
					TES 3	22	6	11	7.108621836	
					RATA - RATA	22	12	12	7.721341513	
					RATA - RATA	21	21	14	11.85070171	
5	60	70	500	5	TES 1	21	14	18	5.993099928	
					TES 2	22	4	6	7.897324286	
					TES 3	22	3	4	12.34552503	
					RATA - RATA	22	13	19	12.48214889	
					RATA - RATA	22	15	19	29.54436207	
6	60	30	500	10	TES 1	22	31	42	36.62666667	
					TES 2	22	15	19	12.48214889	
					TES 3	22	15	19	29.54436207	
					RATA - RATA	22.66666667	11.66666667	36.66666667	24.87892729	
					RATA - RATA	21	30	31	21.52388488	
7	60	40	500	10	TES 1	22	0	17	10.4907949	
					TES 2	21	18	17	11.54992473	
					TES 3	21	18	17	10.77549489	
					RATA - RATA	22.33333333	11.33333333	16.33333333	11.96272517	
					RATA - RATA	21	16	23	18.71538902	
8	60	50	500	10	TES 1	21	10	18	12.05207171	
					TES 2	21	16	19	11.64600089	
					TES 3	21	16	19	11.64600089	
					RATA - RATA	21.66666667	16	18	11.44529246	
					RATA - RATA	22	10	11	6.699488954	
9	60	60	500	10	TES 1	21	20	24	14.64600089	
					TES 2	22	11	13	7.812539042	
					TES 3	22	11	13	7.812539042	
					RATA - RATA	22	13.33333333	12	8.799313207	
					RATA - RATA	21	13	18	11.54992473	
10	60	70	500	10	TES 1	21	7	17	10.77549489	
					TES 2	21	7	17	10.77549489	
					TES 3	22	11	19	12.99461105	
					RATA - RATA	21.33333333	11.66666667	19	11.50566736	
					RATA - RATA	21.33333333	11.66666667	19	11.50566736	

Gambar 14 Hasil Analisis (Bagian 1)

#	PARAMETER				HASIL					
	PROB. CROSSOVER (%)	PROB. MUTASI (%)	JUMLAH GENERASI MAKSIMAL	JUMLAH ERROR MAKSIMAL	TES	WAKTU JADWAL OPTIMAL (HARI)	GENERASI TERBENTUK	GENERASI BERHENTI	WAKTU EKSEKUSI PROGRAM (DETIK)	
11	70	30	500	5	TES 1	21	10	23	15.27214604	
					TES 2	22	1	6	4.452158213	
					TES 3	22	1	11	8.989524912	
					RATA - RATA	22.33333333	8.66666667	13.33333333	9.207122104	
					RATA - RATA	21.33333333	6.33333333	10.66666667	7.312262747	
12	70	40	500	5	TES 1	22	3	6	4.282274961	
					TES 2	22	16	19	11.64600089	
					TES 3	22	16	19	11.64600089	
					RATA - RATA	22.33333333	6.66666667	10.33333333	7.357876221	
					RATA - RATA	22.66666667	22	21.66666667	15.54487129	
13	70	50	500	5	TES 1	21	40	48	31.15439299	
					TES 2	22	16	17	10.77549489	
					TES 3	22	16	17	10.77549489	
					RATA - RATA	22.33333333	6.66666667	10.33333333	7.357876221	
					RATA - RATA	21.66666667	13.33333333	17	11.17046458	
14	70	60	500	5	TES 1	21	10	11	8.989524912	
					TES 2	22	42	44	28.07763791	
					TES 3	21	20	30	19.32138777	
					RATA - RATA	21.66666667	24	29	18.7209894	
					RATA - RATA	22	50	50	36.64551616	
15	70	70	500	5	TES 1	22	23	24	16.19752503	
					TES 2	22	15	20	12.96399903	
					TES 3	22	15	20	12.96399903	
					RATA - RATA	21.66666667	13.33333333	17	11.17046458	
					RATA - RATA	22	40	41	28.07763791	
16	70	30	500	10	TES 1	22	10	11	8.989524912	
					TES 2	22	42	44	28.07763791	
					TES 3	21	20	30	19.32138777	
					RATA - RATA	21.66666667	24	29	18.7209894	
					RATA - RATA	22	50	50	36.64551616	
17	70	40	500	10	TES 1	22	49	50	31.14078403	
					TES 2	22	49	50	31.14078403	
					TES 3	22	49	50	31.14078403	
					RATA - RATA	22.33333333	33.33333333	38.66666667	6.0189111	
					RATA - RATA	22	11	13	6.681165118	
18	70	50	500	10	TES 1	21	10	10	6.681165118	
					TES 2	22	4	14	8.362509974	
					TES 3	22	11	13	6.681165118	
					RATA - RATA	22.33333333	5.33333333	12.33333333	7.902297715	
					RATA - RATA	22	13	18	11.88865495	
19	70	60	500	10	TES 1	22	13	17	11.18244404	
					TES 2	22	22	25	15.99262926	
					TES 3	22	11	13	6.681165118	
					RATA - RATA	22	13	18	11.88865495	
					RATA - RATA	21	1	10	7.019162062	
20	70	70	500	10	TES 1	21	3	13	6.882596612	
					TES 2	21	3	12	6.974524954	
					TES 3	21	3	12	6.974524954	
					RATA - RATA	22.33333333	11.66666667	11.66666667	8.291147313	
					RATA - RATA	22.33333333	11.66666667	11.66666667	8.291147313	

Gambar 15 Hasil Analisis (Bagian 2)

#	PARAMETER				HASIL				
	PROB. CROSSOVER (%)	PROB. MUTASI (%)	JUMLAH GENERASI MAKSIMAL	JUMLAH ERROR MAKSIMAL	WAKTU OPTIMAL (HARI)	WAKTU AWAL TERBENTUK	GENERASI BERHENTI	WAKTU DI PROSES (DETI)	
21	80	30	500	5	WTS 1	22	15	17	11,3
					WTS 2	22	16	10	6,50
					WTS 3	23	8	7	4,3
					RATA-RATA	22	7,66666667	11,33333333	7,33
					STDEV	22	3	8	4,94
22	80	40	500	5	WTS 1	22	3	3	2,24
					WTS 2	25	1	3	2,24
					WTS 3	21	3	8	5,28
					RATA-RATA	22,66666667	2,33333333	7	4,4
					STDEV	22	2	12	8,0
23	80	50	500	5	WTS 1	22	3	12	6,96
					WTS 2	21	12	22	14,3
					WTS 3	21	12	22	14,3
					RATA-RATA	21,66666667	3	15	9,77
					STDEV	22	10	19	14,0
24	80	60	500	5	WTS 1	24	3	3	3,8
					WTS 2	21	8	12	8,43
					WTS 3	21	8	12	8,43
					RATA-RATA	22,33333333	8,33333333	12	8,77
					STDEV	21	46	47	90,4
25	80	70	500	5	WTS 1	21	22	20	17,2
					WTS 2	22	14	15	9,80
					WTS 3	22	27	26	17,7
					RATA-RATA	21,33333333	27,33333333	26,33333333	18,1
					STDEV	21	22	26	17,7
26	80	30	500	10	WTS 1	22	1	10	6,25
					WTS 2	22	1	10	6,25
					WTS 3	22	10	22	15,2
					RATA-RATA	21,66666667	14	19,33333333	13,1
					STDEV	22	4	14	9,88
27	80	40	500	10	WTS 1	21	5	15	8,68
					WTS 2	21	5	15	8,68
					WTS 3	23	16	21	14,6
					RATA-RATA	21,66666667	8,33333333	16,66666667	11,0
					STDEV	22	38	42	24,9
28	80	50	500	10	WTS 1	22	1	10	6,40
					WTS 2	22	12	22	13,0
					WTS 3	22	17	24,66666667	14,8
					RATA-RATA	22	11	12	7,98
					STDEV	21	2	12	7,98
29	80	60	500	10	WTS 1	21	6	10	6,22
					WTS 2	21	10	17	11,3
					WTS 3	22	10	17	11,3
					RATA-RATA	22,33333333	8	14,66666667	9,88
					STDEV	21	25	27	18,2
30	80	70	500	10	WTS 1	21	1	10	6,22
					WTS 2	21	1	10	6,22
					WTS 3	22	9	9	6,10
					RATA-RATA	21,33333333	11,33333333	15,33333333	11
					STDEV	21	1	10	6,22

Gambar 16 Hasil Analisis (Bagian 3)

V. Kesimpulan

Penerapan algoritma genetika pada studi kasus yang digunakan berhasil memberikan solusi yang optimal dengan parameter laju crossover sebesar 0.8, laju mutasi 0.7, jumlah generasi maksimal 500, dan jumlah error maksimal 10. Kesimpulan dari penelitian ini adalah terbukti bahwa penerapan algoritma genetika dapat membantu dalam penjadwalan pekerjaan dalam waktu yang singkat. Selain mempersingkat waktu pembuatan jadwal, algoritma genetika juga berhasil menemukan solusi waktu penyelesaian yang lebih singkat dibanding dengan penjadwalan manual berdasarkan contoh dataset yaitu perbandingan antara 25 hari secara manual dan 21 hingga 22 hari dengan sistem yang dikembangkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. XYZ yang telah bersedia untuk memberikan data sebagai studi kasus dari penelitian ini, dan pihak-pihak telah mendukung dan membantu dalam memberikan data maupun informasi sebenar-benarnya terkait untuk tujuan penelitian ini.

Ucapan syukur dan terimakasih juga diberikan ke Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kelancaran atas penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- N. Masruroh, "Analisa Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Ampbell Dudeck Smith, Palmer, dan Dannenbring di PT. Loka Refraktor Surabaya," *Tekmapro*, vol. 1, no. 1, pp. 158–171, 2017.
- A. T. Wahyudi, B. I. A. Wicaksana, and M. Andriani, "Penjadwalan Produksi Job Shop Mesin Majemuk Menggunakan Algoritma Non Delay untuk Meminimalkan Makespan," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 183–190, 2021.
- U. Hamida and R. A. Sugondo, "Pengembangan Sistem Informasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Earliest Due Date," *Semin. Nas. Ris. dan Teknol. (SEMNAS RISTEK) 2020*, pp. 309–316, 2020.
- M. A. Salido, J. Escamilla, F. Barber, and A. Giret, "Rescheduling In Job-Shop Problems For Sustainable Manufacturing Systems," *J. Clean. Prod.*, vol. 162, pp. S121–S132, 2017.
- R. Nasution, A. K. Garside, and D. M. Utama, "Penjadwalan Job Shop Dengan Pendekatan Algoritma Artificial Immune System," *J. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 1, p. 29, 2017.
- F. Insani, A. R. Ramadhan, S. Pardano, Jasril, and I. Aprianty, "Optimasi Biaya Bahan Dan Jasa Pembangunan Rumah Menggunakan Algoritma Genetika," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. dan Ind.*, vol. 0, no. 0, pp. 222–229, 2019.
- F. R. Tampubolon, "Penyelesaian Penjadwalan Flexible Job Shop Untuk Minimasi Due Windows dengan Algoritma Genetika," *J. Indones. Sos. Sains*, vol. 2, no. 6, pp. 894–903, 2021.
- R. Abadi and S. Juanita, "Implementasi Algoritma Genetika Pada Aplikasi Penjadwalan Kelas

- Menggunakan Metode Roulette Wheel Selection (RWS) Berbasis Web,” *J. Telemat. MKOM*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [9] M. K. Amjad *et al.*, “Recent Research Trends In Genetic Algorithm Based Flexible Job Shop Scheduling Problems,” *Math. Probl. Eng.*, vol. 2018, 2018.
- [10] G. Zhang, Y. Hu, J. Sun, and W. Zhang, “An Improved Genetic Algorithm For The Flexible Job Shop Scheduling Problem With Multiple Time Constraints,” *Swarm Evol. Comput.*, vol. 54, no. March 2019, p. 100664, 2020.
- [11] A. D. Suhendra, R. D. Asworowati, and T. Ismawati, “Usulan Penjadwalan Mesin Paralel Identik untuk Meminimasi Total Tardiness dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika pada Workcenter Mesin Frais di CV. XYZ,” *Akrab Juara*, vol. 5, no. 1, pp. 43–54, 2020.
- [12] R. Ansari and N. Saubari, “Application of genetic algorithm concept on course scheduling,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 821, no. 1.
- [13] U. Hasan, T. I. Hermanto, and M. R. Muttaqin, “Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika di STT Wastukencana Purwakarta,” *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 8, no. 2, 2018.
- [14] S. Adhy and Kushartantya, “Penyelesaian Masalah Job Shop Menggunakan Algoritma Genetika,” *J. Masy. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–42, 2017.
- [15] A. Rifai and Y. P. Yuniar, “Penerapan Metode Waterfall dalam Perancangan Sistem Informasi Ujian pada SMK Indonesia Global Berbasis Web,” *J. Khatulistiwa Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [16] I. G. S. Widharma, “Perancangan Simulasi Sistem Pendaftaran Kursus Berbasis Web Dengan Metode SDLC,” *Matrix J. Manaj. Teknol. dan Inform.*, vol. 7, no. 2, p. 38, 2017.
- [17] H. A. Ilhamsah, S. Amar, and N. Irfina, “Perencanaan Penjadwalan Produksi Meminimasi Total Weighted Tardiness dengan Menggunakan Total Weighted Algoritma Genetika,” *Semin. Nas. Mesin dan Ind.*, vol. 9, no. April, pp. 27–29, 2017.
- [18] Suwarno and W. S. Jaya, “Design and Development of Software Project Management System using Scrum,” *JITE (Journal Informatics Telecommun. Eng.)*, vol. 5, no. January, pp. 483–493, 2022.
- [19] M. I. Fakhri and V. I. Delianti, “Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi Bimbingan Tugas Akhir Online,” *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.)*, vol. 9, no. 1, p. 103, 2021.
- [20] T. Tukino, “Perancangan Sistem Informasi Pelaporan Gangguan Dan Restitusi Pelanggan Internet Corporate Berbasis Web (Studi Kasus Di PT. Indosat Mega Media West Regional),” *J. Ilm. Inform.*, vol. 6, no. 01, p. 1, 2018, doi: 10.33884/jif.v6i01.324.
- [21] Tukino and Amrizal, “Perancangan Sistem Informasi Pelaporan Transaksi Berbasis Web Pada PT Pos Indonesia Batam,” *Teknosi*, vol. 03, no. 01, pp. 199–210, 2017.