

ALGORITMA GENETIKA PENJADWALAN MESIN BERTIPE SISTEM PRODUKSI UNTUK MEMINIMALKAN WAKTU PROSES PRODUKSI

Muhammad Hafiz¹, Dio Rahman Alfateh², Alya Azzahrah Muhjah³, Tiara Oktaviani⁴, M Syahdan Gintana⁵, Kevin Tri Anggoro⁶, Perani Rosyani⁷

¹⁻⁷ Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia
E-mail: dosen00837@unpam.ac.id

Abstrak- Penjadwalan sistem produksi merupakan permasalahan yang kompleks yang sering disebut np-hard problem di mana waktu penyelesaian masalah akan meningkat secara eksponensial seiring dengan berkembangnya luas permasalahan secara linear. Pada penelitian ini penjadwalan memiliki 146 produksi dalam simulasi waktu satu bulan. Penjadwalan ini memiliki 12 macam proses permesinan yang berbeda-beda, namun setiap produksi paling banyak melewati 4 proses permesinan. Selain itu, setiap proses permesinan memiliki sejumlah mesin yang dapat digunakan secara paralel, sehingga apabila suatu mesin sibuk maka produksi akan dialihkan ke mesin yang sama yang idle. Dalam penjadwalan ini juga diterapkan sistem grouping kelompok komponen satu produk, sehingga terdapat sekumpulan produksi yang harus dikerjakan dalam rentan waktu yang sama berdasarkan grup produk yang sama. Metode penjadwalan yang sedang dilakukan oleh PT. X adalah Earliest Due Date (EDD) dan Shortest Processing Time (SPT). EDD dan SPT ini akan dibandingkan dengan penjadwalan pendekatan kecerdasan buatan yaitu menggunakan metode Algoritma Genetika (AG). Parameter yang digunakan dalam AG ditentukan dengan metode Design of Experiment dengan 33 factorial design. Pada penelitian ini dibuat empat variasi model penjadwalan sebagai alternatif pilihan untuk penggunaan asumsi yang digunakan. Pada empat variasi model penjadwalan menggunakan AG tersebut, keempat variasi menunjukkan AG mampu menghasilkan makespan yang lebih singkat dibandingkan dengan metode EDD dan SPT. Pada asumsi satu mesin di setiap proses, metode EDD dan SPT memberikan makespan sebesar 135,1 jam sedangkan AG memberikan makespan sebesar 112,5 jam untuk sistem produksi acak dan 115,9 jam untuk sistem produksi grup produk. Pada asumsi semua mesin digunakan, metode EDD dan SPT memberikan makespan sebesar 38,1 jam sedangkan AG memberikan makespan sebesar 33,9 jam untuk sistem produksi acak dan 34,6 jam untuk sistem produksi grup produk.

Kata Kunci: Algoritma Genetika, Penjadwalan Mesin, Sistem Produksi, Proses Produksi

Abstract- Production system scheduling is a complex problem which is often called the np-hard problem where the problem solving time will increase exponentially as the area of the problem grows linearly. In this study, scheduling has 146 productions in a one-month simulation. This schedule has 12 different kinds of machining processes, but each production goes through at most 4 machining processes. In addition, each machining process has a number of machines that can be used in parallel, so that when a machine is busy, production will be diverted to the same machine that is idle. In this scheduling, a grouping system for component groups of one product is also implemented, so that there is a group of production that must be carried out in the same timeframe based on the same product group. The scheduling method being used by PT. X is Earliest Due Date (EDD) and Shortest Processing Time (SPT). The EDD and SPT will be compared with the scheduling of an artificial intelligence approach, namely using the Genetic Algorithm (AG) method. The parameters used in the AG are determined by the Design of Experiment method with 33 factorial designs. In this study, four variations of the scheduling model were made as an alternative choice for the assumptions used. In the four variations of the scheduling model using the AG, the four variations show that AG is able to produce shorter makespans compared to the EDD and SPT methods. Assuming one machine in each process, the EDD and SPT methods give a makespan of 135.1 hours, while AG gives a makespan of 112.5 hours for a random production system and 115.9 hours for a product group production system. Assuming all machines are used, the EDD and SPT methods give a makespan of 38.1 hours while AG gives a makespan of 33.9 hours for a random production system and 34.6 hours for a product group production system.

Keywords: Genetic Algorithms, Machine Scheduling, Production Systems, Production Processes

1. PENDAHULUAN

Proses penjadwalan adalah proses yang penting dalam dunia industri terutama di bidang produksi. Dalam proses penjadwalan, akan terlihat seberapa efisiennya pada bidang produksi dalam melakukan operasionalnya sehari-hari. Penjadwalan produksi juga mampu mengidentifikasi masalah pada sumber daya, mengontrol kapan pekerjaan harus mulai dikerjakan dan kapan selesai dikerjakan. Pada akhirnya, penjadwalan produksi berguna untuk meningkatkan produktivitas, dan meminimalisir biaya operasional. Selain itu penjadwalan yang baik akan dapat mengurangi keterlambatan yang terjadi di perusahaan.

Penjadwalan akan di analisa dengan membandingkan antara metode EDD&SPT menggunakan penjadwalan berbasis metode algoritma genetika. Metode Algoritma genetika memiliki kelebihan daripada metode optimasi lainnya, yaitu algoritma genetika dapat melakukan optimasi masalah dengan masalah yang kompleks dan ruang pencarian yang sangat luas. Kekurangan dari algoritma genetika yaitu memerlukan generasi yang banyak untuk menghasilkan sebuah hasil yang optimal.

Permasalahan sistem produksi adalah penjadwalan sejumlah pekerjaan pada sejumlah permesinan, di mana urutan setiap pekerjaan berbeda-beda. Setiap pekerjaan yang dijadwalkan memiliki proses yang spesifik melalui rangkaian permesinan yang spesifik. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk melakukan penjadwalan mesin agar mendapatkan metode penjadwalan yang terbaik. Metode algoritma genetika telah mampu menyelesaikan berbagai macam permasalahan terkait dengan optimasi, termasuk dalam kasus sistem produksi.

Tujuan dari penjadwalan ini adalah meminimalisir makespan dengan menggunakan pemrograman penjadwalan yang mampu menjadwalkan sistem produksi dengan sistem multimesin dan sistem grup produk sesuai dengan ketentuan kelompok produk.

2. METODE

Informasi tersebut berasal dari database perusahaan PT X. PT X memproduksi beberapa variasi produk dan volume produksi yang besar. Ada tiga jenis produk yang bisa dijadwalkan. Komponen terjadwal dari produk ini adalah 146 sistem produksi. Ada 12 metode pengeditan yang tersedia. Beberapa mesin juga memiliki beberapa mesin cadangan. Ada empat variasi model untuk mengakomodasi asumsi yang berbeda. Keempat varian model tersebut antara lain:

1. Setiap proses menggunakan satu mesin dan urutan sistem acak tidak sesuai dengan kelompok produk,
2. Setiap proses menggunakan satu mesin dan urutan sistem sesuai dengan kelompok produk,
3. Setiap proses menggunakan semua mesin termasuk mesin cadangan dan urutan sistem acak tidak sesuai dengan kelompok produk,
4. Setiap proses menggunakan semua mesin termasuk mesin cadangan dan urutan sistem acak sesuai dengan kelompok produk.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1. Tahapan Penelitian

Langkah pertama adalah menghitung penjadwalan menggunakan metode EDD dan SPT untuk mengetahui range yang dihasilkan. Pengolahan data menggunakan sistem multi mesin dan sistem kelompok produk. Setelah algoritma genetika mendapatkan interval durasi dari semua model, kemudian dibandingkan dengan menggunakan metode EDD dan SPT.

Fungsi Tujuan

Tujuan yang hendak dioptimasi oleh model yaitu:

- a. Minimasi Makespan
 Makespan dihitung dengan persamaan :

$$\text{Waktu} = \text{Max} \{C_j\}$$

Pada program completion time yang didefinisikan sebagai jumlah dari waktu proses dan waktu tunggu. Persamaan dari C adalah:

$$C = P_{ij} + \text{Max} [C_j ; M_i]$$

Dimana :

C_{ij} = Completion time sistem j dimesin i

P_{ij} = lama proses sistem j di mesin i

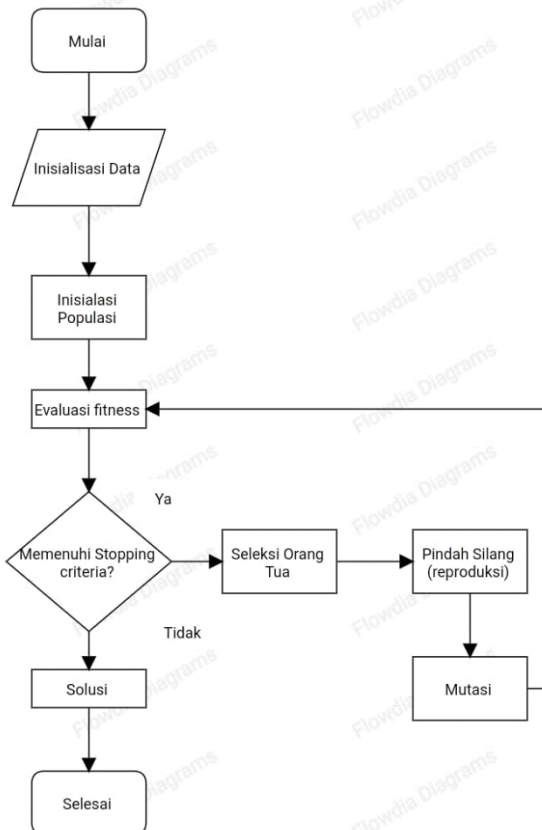
Pada proses minimasi makespan ini, fitness dirumuskan dengan :

$$f = 1/\text{Waktu}$$

Variabel yang digunakan adalah:

Sistem set = $\{J_1, J_2, J_3, \dots, J_{146}\}$

Mesin = $\{M_1, M_2, M_3, \dots, M_{12}\}$



Gambar 1. Algoritma Genetika

Langkah-langkah untuk melakukan penjadwalan dengan metode algoritma genetika dapat dijelaskan sebagai berikut.

1) Inisialisasi Populasi

Inisialisasi populasi menggunakan permutation encoding seperti yang digunakan oleh Suyanto (2005). Dalam hal ini, gen yang dihasilkan pada kromosom merupakan permutasi dari 1 sampai 396.

2) Evaluasi Individu

Kriteria yang digunakan dalam evaluasi individu adalah waktu produksi yang minimal. Dalam algoritma genetika untuk dalam kasus minimasi, fungsi fitness dapat diubah menjadi $1/f$ (Kususmadewi, 2003). Karena tujuannya adalah minimasi makespan, dengan i adalah notasi urutan mesin dan j notasi urutan sistem, nilai fitness dirumuskan sesuai persamaan (4), sedangkan makespan dan completion time sesuai dengan persamaan (1) dan persamaan (3). Untuk dapat memperoleh besarnya makespan, kromosom kemudian diterjemahkan menjadi jadwal yang bisa dibaca. Setiap proses dalam sistem memiliki representasi gen dalam kromosom.

3) Elitisme

Elitisme digunakan untuk menjaga individu dengan nilai fitness yang baik tetap bisa bertahan. Apabila populasi ganjil, maka akan diturunkan satu individu terbaik kepada generasi berikutnya, sedangkan apabila populasi genap, maka akan diturunkan dua populasi terbaik. Hal ini dilakukan agar populasi sebelumnya tetap berjumlah genap sebagai rangkaian dari proses pindah silang untuk menghasilkan generasi baru.

4) Linear Fitness Ranking

Untuk menghindari kecenderungan konvergen pada local optimum, dilakukan proses penskalaan agar diperoleh nilai fitness berada pada interval f_{max} hingga f_{min} . Penskalaan ini menggunakan rumus sebagai berikut:

5) Seleksi Orang Tua

Seleksi orang tua merupakan tahap seleksi bagi individu yang akan dipilih untuk melakukan rekombinasi atau pindah silang. Metode seleksi yang digunakan adalah Roulette Wheel Selection. Seleksi ini berbasis pada nilai fitness yang baik hasil dari Linear Fitness Ranking.

6) Pindah Silang Pindah

Silang adalah menyilangkan dua kromosom sehingga membentuk kromosom baru yang harapannya lebih baik dari pada induknya. Metode yang digunakan adalah Order Crossover, di mana penyilangan berdasarkan urutan. Pada urutan tertentu sebagian kromosom akan dipertukarkan sesuai urutan, sedangkan sisanya ditukar secara random. Dengan begitu, anggota kromosom akan tetap namun hanya berbeda urutan. Penyilangan dilakukan di dua titik dan ditentukan secara random.

7) Mutasi

Mutasi dilakukan pada kromosom dengan cara swaping mutation. Apabila bilangan random pada semua gen yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi, maka gen tersebut akan ditukar posisinya. Hasil mutasi tersebut berupa kromosom dengan urutan yang berbeda, namun anggotanya masih sama.

8) *Design of Experiments*

Pada penelitian ini digunakan 3k factorial designs. 3k factorial designs direpresentasikan menjadi 3 level yaitu low, intermediate, dan high. Desain dengan 3 level adalah pilihan untuk eksperimen-eksperimen yang menyadari kemungkinan adanya bentuk kurva-kurva dari hasil fungsi tujuan (Montgomery,2003). Sebagai contoh desain 33, model regresinya seperti pada persamaan (6). Untuk mendapatkan koefisien persamaan regresi tersebut digunakan perangkat lunak MINITAB 14 dan untuk mencari nilai sesuai batasan level factorial designs, digunakan Add-in Solver Microsoft Excel 2007.

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{13}X_1X_3 + \beta_{23}X_2X_3 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{33}X_3^2 + \epsilon$$

Tabel 1. 3k Factorial Designs

Faktor	Level		
	Low	Medium	High
Ukuran Populasi	20	40	60
Propabilitas Pindah Silang	0.3	0.6	0.9
Propabilitas mutasi	0.001	0.01	0.1

3.2. Metode EDD&SPT

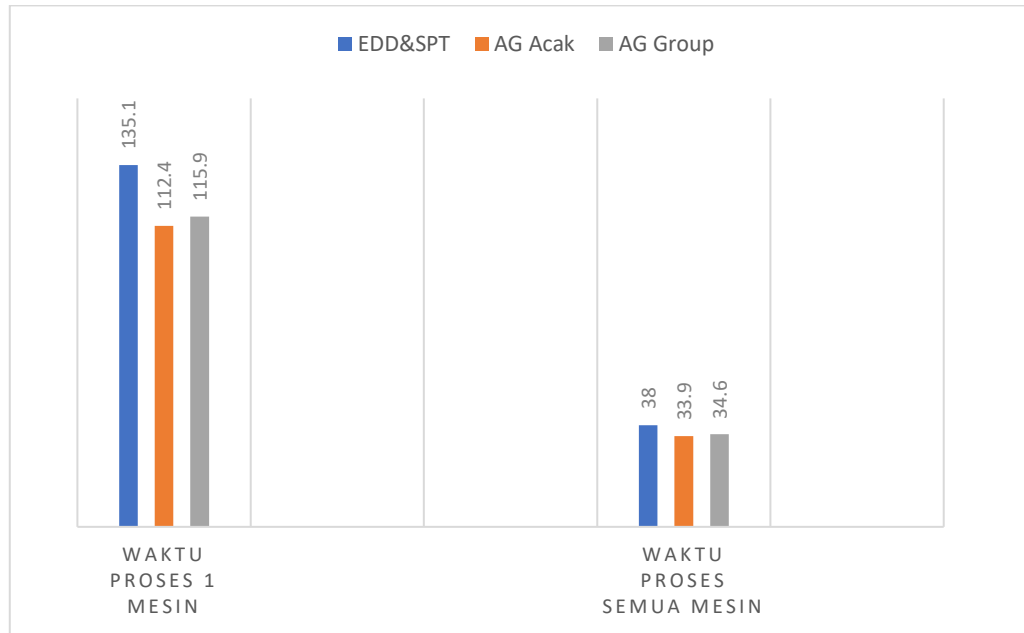
Dengan metode EDD&SPT didapatkan makespan sebesar 135,1 jam untuk asumsi satu mesin di setiap proses digunakan dan 38,6 jam untuk asumsi semua mesin digunakan.

3.3. Algoritma Genetika

Pada perhitungan dengan metode algoritma genetika, digunakan data processing time dan data sequence dari masing-masing komponen atau sistem. Setelah itu, dilakukan pemrograman untuk mendapatkan penjadwalan dengan algoritma genetika dengan software MATLAB 2009a. Generasi yang dibangkitkan sebanyak 50 dengan pengulangan program sebanyak 10 kali. Dari perhitungan dengan metode algoritma genetika tersebut, maka didapatkan makespan paling minimal sebagai berikut.

1. Asumsi satu mesin di tiap proses dan urutan sistem acak = 112,4 jam
2. Asumsi satu mesin di tiap proses dan urutan sistem grup produk = 115,9 jam
3. Asumsi semua mesin digunakan dan urutan sistem acak = 33,9 jam
4. Asumsi semua mesin digunakan dan urutan sistem grup produk = 34,6 jam

Perbandingan dari perbedaan makespan yang dihasilkan antara metode algoritma genetika dan EDD dan SPT ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 2. Gambar 3 menunjukkan proses kenaikan nilai fitness yang didapat pada setiap iterasi generasi pada berbagai variasi permodelan penjadwalan ini.



Gambar 2. Perbedaan makespan antara metode algoritma genetika dan EDD dan SPT

3.3. *Design of Experiments*

Pada parameter ukuran populasi, permutasi, dan probabilitas pindah silang, dilakukan tiga kali pengulangan pada running program pada setiap satu set parameter yang sama, karena algoritma genetika bisa memberikan hasil yang berbeda pada satu nilai parameter yang sama. Pada penentuan parameter dengan DOE digunakan nilai rata-rata dari 3 kali perulangan hasil makespan metode algoritma genetika. Dari pengulangan program algoritma genetika tersebut, diambil nilai rata-rata yang akan digunakan dalam perhitungan DOE dan analisis regresi. Pada program MINITAB, dengan memasukkan nilai-nilai variabel dan hasil makespan, didapatkan persamaan regresi linear sebagai berikut:

- Asumsi Satu mesin sistem acak $Y = 115 - 11.3 pm + 0.0131 pop - 2.70 ps + 57.2 pm^2 - 0.000403 pop^2 + 1.54 ps^2 + 4.43 pmps + 0.0129 popps + 0.027 pmpopps$ (7)
- Asumsi Satu Mesin sistem Grup Produk $Y = 117 - 34.6 pm + 0.0158 pop - 0.32 ps + 277 pm^2 - 0.000167 pop^2 + 0.93 ps^2 + 8.59 pmps + 0.0123 popps + 0.081 pmpopps$ (8)
- Semua Mesin sistem acak $Y = 34.7 - 22.7 pm + 0.0078 pop - 0.51 ps + 251 pm^2 - 0.000042 pop^2 + 1.11 ps^2 + 1.60 pmps + 0.0060 popps + 0.0483 pmpopps$ (9)
- Semua Mesin sistem Grup Produk $Y = 34.8 - 16.8 pm + 0.0044 pop - 0.92 ps + 150 pm^2 + 0.185 ps^2 + 0.73 pmps + 0.0110 popps + 0.0036 pmpopps$ (10)

Keterangan:

pm = probabilitas permutasi
 ps = probabilitas pindah silang
 pop = ukuran populasi

Dari persamaan tersebut, dicari nilai masing-masing parameter yang optimal sesuai dengan batasan nilai variabel sebagai berikut:

$$20 \leq \text{pop} \leq 60$$

$$0.3 \leq \text{ps} \leq 0.9$$

$$0.001 \leq \text{pm} \leq 0.1$$

Dari hasil pencarian parameter optimal sesuai dengan persamaan regresi linear tersebut, didapatkan masing-masing nilai parameter yang optimal untuk variabel ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan permutasi. Hasil nilai variabel tersebut ditunjukkan dalam **Tabel 2**.

- a) Satu sistem mesin acak,
- b) Satu sistem mesin grup produk,
- c) Semua sistem mesin acak,
- d) Semua sistem mesin grup produk

Tabel 2. Hasil nilai variabel

Variabel	(a)	(b)	(c)	(d)
Pop	20	60	41	60
Ps	0.3	0.3	0.3	0.3
Pm	0.05	0.08	0.001	0.09

4. KESIMPULAN

Studi ini mampu merencanakan dengan beberapa sistem mesin dan kelompok produk. Hasil perencanaan metode algoritma genetika menghasilkan perencanaan yang lebih baik dengan waktu produksi yang lebih sedikit. Pada sebuah mesin, waktu proses yang dihasilkan oleh EDD dan SPT adalah 135,1 jam, sedangkan algoritma genetika memberikan waktu produksi 112,4 jam untuk pekerjaan sistem produksi acak dan 115,9 jam untuk pekerjaan sistem produksi banyak. Efisiensi yang diperoleh algoritma genetika adalah 16,8 x 14,2%. Dengan asumsi semua mesin digunakan, EDD dan SPT memberikan waktu proses 38,6 jam, sedangkan metode algoritma genetika memberikan 33,9 jam berdasarkan kerja sistem produksi acak dan 34,6 jam pada kerja sistem produksi batch. Efisiensi yang dihasilkan oleh algoritma genetika dengan asumsi multi-mesin ini adalah 12,2 x 10,4%.

REFERENSI

- Betrianis and P. T. Aryawan, "Penerapan Algoritma Tabu Search dalam Penjadwalan Job Shop," Makara Teknol., vol. 7, no. 3, pp. 107–112, 2003.
- I. M. S. PUTRA, "Penerapan Algoritma Genetika Dan Implementasi," pp. 1–57, 2018.
- D. Applegate and W. Cook, "Computational study of the job-shop scheduling problem," ORSA journal on computing, vol. 3, no. 2, pp. 149–156, 1991. doi: 10.1287/ijoc.3.2.149.
- J. W. Herrmann, "How To Improve Production Scheduling," Ind. Manag., vol. 77, no. 9, pp. 13–14, 1977, doi: 10.1108/eb056780.
- K. Setemen, "Implementasi Algoritma Genetika Dalam Pengembangan Sistem Aplikasi Penjadwalan Kuliah," J. IKA, vol. 8, no. 1, pp. 56–68, 2010, [Online]. Available: <http://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/IKA/article/viewFile/156/147>
- Y. Sari, M. Alkaff, E. S. Wijaya, S. Soraya, and D. P. Kartikasari, "Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Metode Algoritma Genetika dengan Teknik Tournament Selection," J. Teknol. Inf. dan Ilmu



- Komput., vol. 6, no. 1, p. 85, 2019, doi: 10.25126/jtiik.2019611262.
- W. A. Puspaningrum, A. Djunaidy, and R. A. Vinarti, "Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika di Jurusan Sistem Informasi ITS," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 127–131, 2013.
- D. Oktarina and A. Hajjah, "Perancangan Sistem Penjadwalan Seminar Proposal dan Sidang Skripsi," *Joisie*, vol. 3, no. 1, p. 32, 2019.
- R. Arifudin, "Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi Cpm Dan Algoritma Genetika," *J. Masy. Inform.*, vol. 2, no. 4, pp. 1–14, 2012, doi: 10.14710/jmasif.2.4.1-14.
- R. M. Puspita, A. Arini, and S. U. Masrurah, "Pengembangan Aplikasi Penjadwalan Kegiatan Pelatihan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dengan Algoritma Genetika (Studi Kasus: Bprtik)," *J. Online Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 76–81, 2016, doi: 10.15575/join.v1i2.43.
- E. Suhartono, "Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah dengan Algoritma Genetika (Studi Kasus di AMIK JTC Semarang)," *Infokam*, vol. 2, pp. 132–146, 2015.