

Optimasi Penjadwalan Produksi untuk Meminimalkan *Makespan* dengan Pendekatan *Particle Swarm Optimization* dan *Genetic Algorithm*

Dika Prasisti¹, Yohanes Anton Nugroho²

^{1,2}) Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta
Jl. Glagahsari No 63, Warungboto, Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55164
Email: dikaadisti0201@gmail.com, yohanesanton@uty.ac.id

ABSTRAK

PT Adi Satria Abadi merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi sarung tangan *golf*. Permasalahan yang terjadi adalah tanggal 21 Maret terdapat produk *work in process* di bagian *sewing* sejumlah 1.205 unit sarung tangan *golf*, dari total keseluruhan *order* sebanyak 11.880 unit sarung tangan *golf*. Produk harus dikirimkan pada tanggal 22 Maret dan jumlah produk *work in process* melebihi target produksi harian. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil penjadwalan produksi dengan *particle swarm optimization algorithm* dan algoritma genetika untuk mendapatkan nilai *makespan* minimum. Perhitungan penjadwalan produksi dengan kedua metode tersebut dilakukan sesuai dengan prosedur masing-masing metode menggunakan *software* Matlab R2020a. Hasil penjadwalan *particle swarm optimization* mempunyai urutan *job*, yaitu J1, J3, J2, J4, J5, J6 dengan *makespan* sebesar 273 menit. Sedangkan hasil penjadwalan produksi dengan metode algoritma genetika diperlukan waktu proses total (*makespan*) untuk memproduksi *job* dengan urutan J1, J4, J6, J5, J2, J3 sebesar 281 menit. Berdasarkan hasil *makespan* masing-masing metode menunjukkan bahwa hasil penjadwalan produksi dengan metode *particle swarm optimization* memiliki waktu lebih cepat 8 menit dibandingkan dengan metode *genetic algorithm*. Hal ini menyimpulkan bahwa metode *particle swarm optimization* merupakan metode yang paling optimal untuk penjadwalan produksi karena memiliki nilai *makespan* yang paling minimum.

Kata kunci: Algoritma Genetika, *Makespan*, *Particle Swarm Optimization*, Penjadwalan

ABSTRACT

PT Adi Satria Abadi is a manufacturing company engaged in producing golf gloves. The problem was that on March 21 there were 1,205 work-in-process products in the sewing section out of a total order of 11,880 units of golf gloves. Products must be shipped by March 22; the work-in-process products exceed the daily production target. This research aims to get the results of production scheduling with *particle swarm optimization algorithm* and a *genetic algorithm* to get the minimum *makespan* value. Production scheduling calculations with the two methods are carried out according to the procedures each method use *software* Matlab R2020a. Scheduling results *particle swarm optimization* have a sequence *job*, namely J1, J3, J2, J4, J5, J6 with a *makespan* of 273 minutes. While the results of production scheduling using the *genetic algorithm* method require total processing time (*makespan*) to manufacture *jobs* with the sequence J1, J4, J6, J5, J2, J3 of 281 minutes. Based on the results *makespan* each method shows that the results of production scheduling with the method *particle swarm optimization* have a faster time of 8 minutes compared to the method *genetic algorithm*. It is concluded that the method *particle swarm optimization* is the most optimal method for production schedule because it has value *makespan* the bare minimum.

Keywords: *Genetic Algorithm*, *Makespan*, *Particle Swarm Optimization*, Scheduling

Pendahuluan

PT Adi Satria Abadi memiliki misi yaitu “Kepuasan Pelanggan adalah Budaya Kami”, hal tersebut berarti perusahaan sangat memperhatikan kepuasan yang didapatkan oleh konsumen terhadap produk yang diterima. Salah satu hal yang mendukung kepuasan pelanggan selain kualitas produk adalah ketepatan waktu jadi produk yang sesuai dengan yang diinginkan. Ketepatan waktu diperhatikan karena PT Adi Satria Abadi menggunakan sistem *make to order* dalam proses produksinya, sehingga konsumen sangat berharap produk yang dipesan akan selesai tepat pada waktunya.

Ketepatan waktu produk untuk sampai ditangan konsumen dipengaruhi oleh ketepatan waktu proses produksi dapat diselesaikan. Proses produksi terdiri dari berbagai kegiatan, seperti proses perencanaan produksi,

penjadwalan produksi, manajemen kualitas, dan pengolahan limbah. Semua aspek dalam sebuah proses produksi sangat penting dan berkaitan satu dengan yang lainnya, termasuk penjadwalan produksi[1]–[3]

Sebuah perusahaan akan membuat perencanaan produksi seperti penjadwalan yang sesuai dengan hal yang ingin dituju oleh perusahaan itu sendiri. Penjadwalan produksi yang telah dirancang oleh tim produksi PT Adi Satria Abadi untuk sebuah order brand X akan dibuat dengan memperhatikan kapasitas order yang masuk dan produksi order lain yang sedang berjalan. Faktor tersebut diperhatikan untuk memperoleh penjadwalan yang tepat sehingga tidak mengganggu produksi untuk order lain yang sedang berjalan[4]–[8].

Penjadwalan produksi yang telah direncanakan seharusnya berjalan dengan sesuai[9]–[11]. Namun, terjadi permasalahan berupa keterlambatan produk pada bagian *sewing*, sehingga mengakibatkan lambatnya produk masuk ke bagian produksi lain. Akibat dari keterlambatan tersebut berupa pada tanggal 21 Maret terdapat 1.205 unit sarung tangan yang masih berada di bagian setrika dari total *order* sebanyak 11.880 unit sarung tangan, padahal produk tersebut mendekati *deadline delivery*, yaitu pada tanggal 22 Maret. Selain itu, produk setrika juga harus melewati tahapan packing dan inspeksi akhir, sehingga meningkatkan jumlah *work in process*. Jumlah produk yang tersisa agar memenuhi *order* yang masuk melebihi kapasitas target harian yaitu 1.000 unit. Sehingga dibutuhkan *overtime* untuk menyelesaikan produk tersebut untuk menghindari keterlambatan. Hal ini tentu akan menambah waktu penyelesaian produk sarung tangan *golf* tersebut (*makespan*).

Keterlambatan pengiriman (*delivery*) dapat terjadi apabila produk tidak selesai sesuai dengan *due date* waktu yang telah disepakati. Berdasarkan permasalahan diatas PT Adi Satria Abadi dalam proses penjadwalan produksi menerapkan metode *earliest due date*, hal ini diterapkan karena proses produksi yang diterapkan PT Adi Satria Abadi adalah *make to order*. Proses produksi akan dilakukan saat konsumen melakukan pemesanan kepada PT Adi Satria Abadi.

Indikasi adanya keterlambatan merupakan salah satu permasalahan yang harus diselesaikan. Penjadwalan PT Adi Satria Abadi yang menggunakan penjadwalan tipe *flow shop*, yang mengharuskan semua *job* harus melalui proses yang sama *Flow shop scheduling problem* dapat diselesaikan dengan menggunakan berbagai metode terbaru. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh [12] memaparkan bahwa dengan menggunakan pendekatan metaheuristik menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dapat memberikan nilai total waktu produksi (*makespan*) terkecil dibandingkan dengan metode yang digunakan perusahaan XYZ saat ini yaitu sebesar 8.934 menit untuk lima *job* yang dijadwalkan.

Selain dengan pendekatan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO), penjadwalan tipe *flow shop* dapat dilakukan dengan pendekatan metaheuristik lain seperti *Genetic Algorithm*. *Genetic algorithm* dapat memberikan jangkauan yang kombinasi sampel yang lebih luas. Penelitian yang dilakukan oleh [8] bahwa algoritma genetika dapat mengoptimalkan hasil penjadwalan dari algoritma non *delay* menghasilkan nilai yang lebih optimal hingga mengurangi *completion time* sebanyak 9 hari dari *tardy job* berkurang sebanyak 11 *job* [12]–[17].

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [18] dengan menggunakan metode kombinasi metode *heuristic* dan metaheuristik, yaitu *Particle Swarm Optimization Campbell Dudek Smith*, dan *proposed heuristic algorithm* didapatkan bahwa *makespan* dari masing-masing metode, yaitu metode CDS 742,87 jam, metode PSO: 711,96 jam, metode Algoritma heuristik usulan: 694,64 jam, dan penjadwalan produksi aturan FCFS eksisting adalah 746,43 jam. Berdasarkan hasil penjadwalan, Algoritma Heuristik memiliki *makespan* lebih kecil dari yang lain.

Selain itu, penelitian dengan menggunakan metode *particle swarm optimization* dan algoritma genetika untuk penjadwalan mata kuliah menunjukkan bahwa pada iterasi ke-25 menyusun jadwal perkuliahan dengan nilai *fitness* terbaik 0,021 dan waktu eksekusi 9,36 detik dibandingkan algoritma PSO yang menghasilkan nilai *fitness* 0,099 dan waktu eksekusi 61,95 detik pada waktu yang sama. pengulangan. Hal ini membuktikan bahwa nilai *fitness* PSO mengungguli Algoritma genetika, namun waktu eksekusi Algoritma genetika lebih cepat dibandingkan algoritma PSO[7].

Menurut [18] semua hasil eksperimen menunjukkan bahwa algoritme PSO menghadirkan keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan enam algoritme yang terinspirasi meta klasik lainnya. Analisis kurva konvergensi dan analisis grafik *ganttt* dapat mencerminkan kekuatan dan potensi PSO yang ditingkatkan. Atas dasar itu, pengembangan dan penyempurnaan PSO selanjutnya akan terus dilakukan di masa mendatang

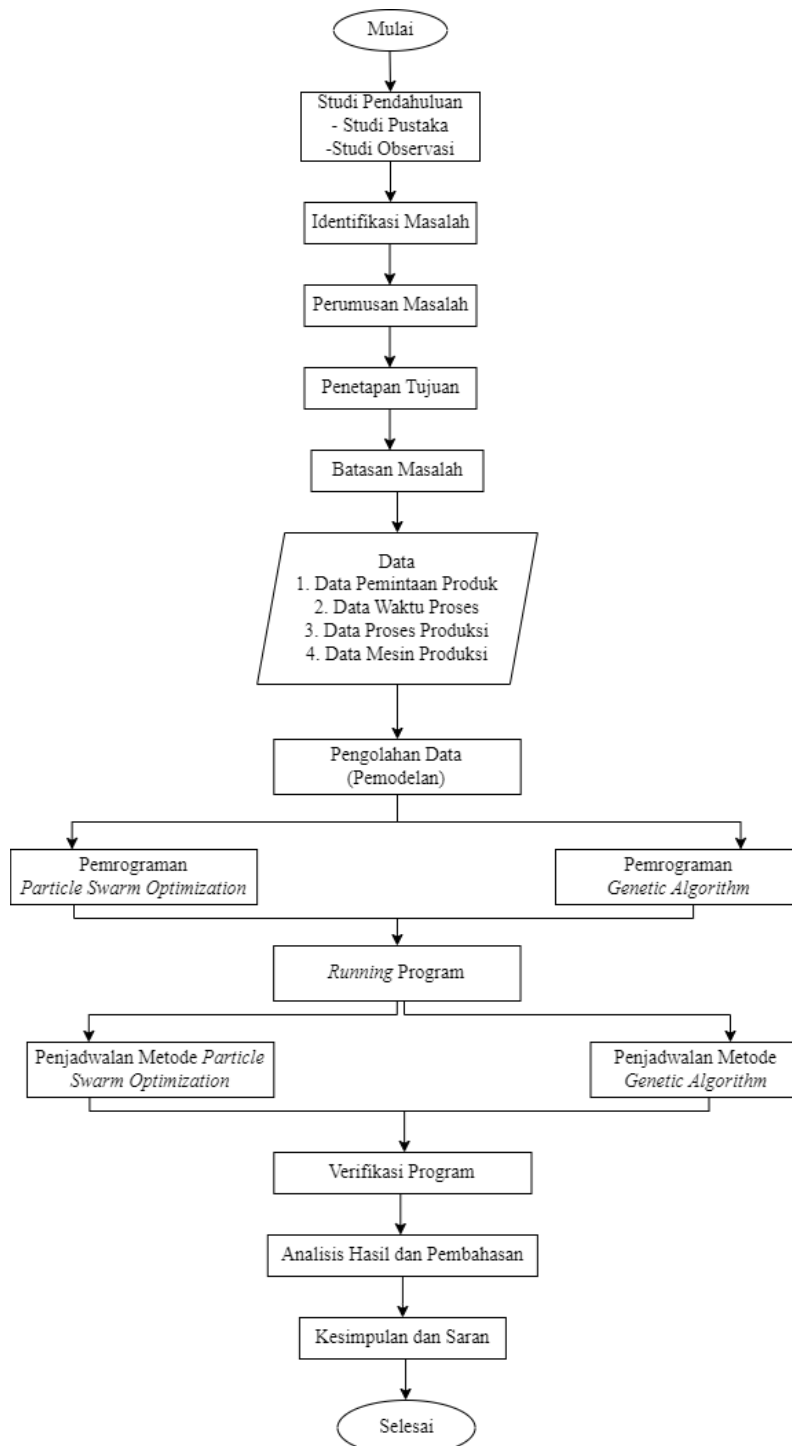
Penelitian [19] menyatakan bahwa eksperimen komputasi ekstensif dilakukan pada 73 instans *benchmark*, untuk masing-masing dari dua metrik kinerja, untuk menilai kemandirian dan efisiensi algoritme PSO yang diusulkan. Eksperimen ini menunjukkan bahwa PSO mengungguli pendekatan solusi canggih dan sangat kuat

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil penjadwalan produksi dengan menggunakan metode *particle swarm optimization* dan *genetic algorithm*. Hasil penjadwalan akan dari kedua metode tersebut akan dipilih yang optimal atau memiliki nilai *makespan* minimum sehingga dapat meminimasi *work in process*.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang terjadi, diperlukan penjadwalan produksi yang efektif untuk dapat mengoptimalkan waktu proses produksi agar tidak terjadi keterlambatan (*lateness*). Pada penelitian ini, penjadwalan produksi menggunakan pendekatan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Genetic Algorithm*

untuk dapat meminimalkan jumlah *work in process*, meminimasi *lateness* sehingga *order* dapat diselesaikan tepat waktu sesuai *due date*.

Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian melakukan kajian mengenai penjadwalan produksi di PT Adi Satria Abadi Divisi sarung tangan. Metode yang digunakan untuk melakukan analisis adalah metode *particle swarm optimization* dan *genetic algorithm*. Data yang diperlukan untuk melakukan penjadwalan terdiri dari data permintaan produk, data waktu produksi, data proses produksi, dan data mesin produksi.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software Matlab R2020a dengan spesifikasi hardware yang digunakan *processor* Intel Core i5, *memory* 4Gb DDR4, *storage* 1Tb HDD, dan *operating system* Windows.

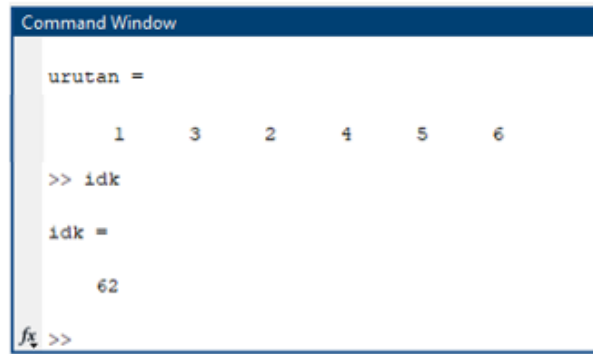
Pengolahan data dilakukan dengan memodelkan permasalahan penjadwalan produksi dengan menggunakan pemrograman Matlab pada metode *particle swarm optimization* dan *genetic algorithm*. Program yang telah dibuat akan di *running* untuk mendapatkan hasil output yang diinginkan.

Verifikasi program dilakukan dengan memastikan semua program yang telah dibuat telah sesuai dengan kebutuhan dan dapat berjalan tanpa adanya *error* pada hasil *running*. Program yang sesuai dapat di *running* dan dapat berjalan dengan baik ditandai dengan tidak munculnya tulisan berwarna merah pada *command window* atau *error*. Selanjutnya, dilakukan analisis hasil dan pembahasan mengenai hasil penjadwalan yang dilakukan dengan metode *particle swarm optimization* dan *genetic algorithm* dan membandingkan kedua metode tersebut untuk memperoleh nilai *makespan* minimum[20]–[23].

Hasil Dan Pembahasan

Penjadwalan Metode *Particle Swarm Optimization*

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan *pseudocode* program yang didefinisikan oleh Matlab R2020a yang sesuai untuk penyelesaian permasalahan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode algoritma genetika didapatkan beberapa output, yang dapat dilihat pada Gambar 2.



```
Command Window

urutan =

     1     3     2     4     5     6

>> idk

idk =

    62

fx >>
```

Gambar 2. Hasil output PSO Matlab

Pengolahan data untuk metode *particle swarm optimization* dilakukan dengan menentukan parameter awal yang akan digunakan sebagai acuan untuk pengolahan data selanjutnya. Parameter yang digunakan adalah jumlah partikel dan jumlah iterasi. Jumlah *particle* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sejumlah 100 partikel. Sedangkan iterasi maksimal sejumlah 500 iterasi. Jumlah iterasi tersebut merupakan jumlah minimum iterasi yang dapat digunakan dalam pengolahan data menggunakan metode *particle swarm optimization*[24].

Hasil pengolahan data didapatkan urutan terbaik yaitu urutan *job*, yaitu J1, J3, J2, J4, J5, J6. Perhitungan *makespan* dari urutan *job* optimal hasil *running* Matlab dijelaskan pada perhitungan dibawah ini.

Tabel 1. *Processing time* urutan *job* optimal PSO

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<i>Job 1</i>	7	10	35	15	20	20
<i>Job 3</i>	5	13	39	14	21	23
<i>Job 2</i>	9	12	28	20	22	21
<i>Job 4</i>	9	13	27	13	21	19
<i>Job 5</i>	10	11	38	19	20	24
<i>Job 6</i>	7	10	39	13	18	19

Waktu proses pada Tabel 1. akan dihitung untuk mendapatkan *completion time* atau *makespan*. Hasil perhitungan waktu proses sesuai urutan yang diperoleh dapat dilihat Pada Tabel 2.

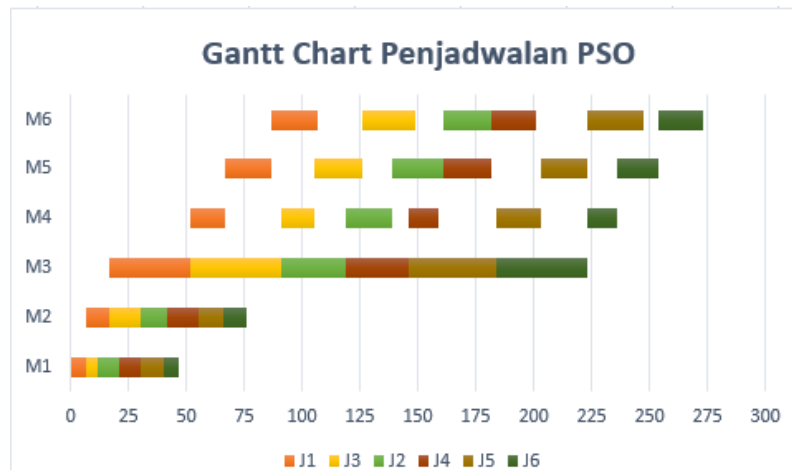
Tabel 2. *Completion time* seluruh *job*

	$C(\pi_j, 1)$	$C(\pi_j, 2)$	$C(\pi_j, 3)$	$C(\pi_j, 4)$	$C(\pi_j, 5)$	$C(\pi_j, 6)$
$C(\pi_k, 1)$	7	17	52	67	87	107
$C(\pi_k, 3)$	12	30	91	105	126	149
$C(\pi_k, 2)$	21	42	119	139	161	182

	$C(\pi_j, 1)$	$C(\pi_j, 2)$	$C(\pi_j, 3)$	$C(\pi_j, 4)$	$C(\pi_j, 5)$	$C(\pi_j, 6)$
$C(\pi_k, 4)$	30	55	146	159	182	201
$C(\pi_k, 5)$	40	66	184	203	223	247
$C(\pi_k, 6)$	47	76	223	236	254	273

Urutan tersebut memiliki nilai *makespan* sebesar 273 menit, dimana urutan tersebut dalam kumpulan *particle* /*swarm* terdapat pada *particle* ke 62.

Output lain yang dapat disimpulkan setelah dilakukannya pengolahan data melalui *software* Matlab R2020a, yaitu *gant chart*. *Gantt chart* urutan jadwal optimal *particle swarm optimization* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gantt chart penjadwalan PSO

Berdasarkan hasil pengolahan data untuk permasalahan penjadwalan produksi pada 6 *job* -6 mesin menggunakan metode *particle swarm optimization* sebanyak 500 iterasi didapatkan urutan *job* , yaitu J1, J3, J2, J4, J5, J6. Penjelasan mengenai waktu proses tiap *job* pada masing-masing mesin dapat dilihat pada *gant chart*. *Gantt chart* menampilkan waktu proses *job* pada setiap mesinnya. Pada *gant chart* dapat dilihat bahwa waktu proses selesai ditandai dengan selesainya proses *job* 6 di mesin 6 dengan waktu total produksi sejumlah 273 menit.

Penjadwalan Metode Genetic Algorithm

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan pseudocode [25]–[27] program yang didefinisikan oleh Matlab R2020a yang sesuai untuk penyelesaian permasalahan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode algoritma genetika didapatkan beberapa output, yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil output Matlab GA

Name	Value
JadwalTerbaik	[1,4,6,5,2,3]
Makespan	281

Urutan terbaik didapatkan dengan urutan *job*, yaitu J1,J4,J6,J5,J2,J3. Urutan tersebut memiliki nilai *makespan* sebesar 281 menit. Hasil pengolahan data didapatkan urutan terbaik yaitu urutan *job*, yaitu J1, J4, J6, J5, J2, J3. Perhitungan *makespan* dari urutan *job* optimal hasil *running* Matlab dijelaskan pada perhitungan dibawah ini

Tabel 4. Processing time urutan jadwal GA

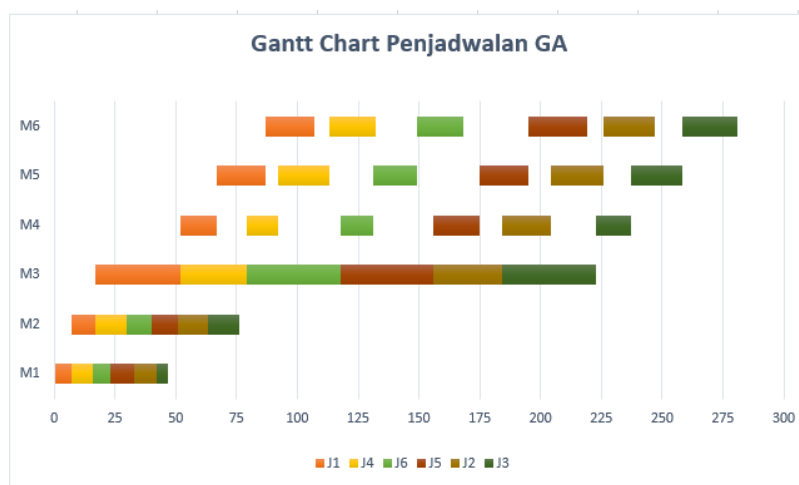
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Job 1	7	10	35	15	20	20
Job 4	9	13	27	13	21	19
Job 6	7	10	39	13	18	19
Job 5	10	11	38	19	20	24
Job 2	9	12	28	20	22	21
Job 3	5	13	39	14	21	23

Waktu proses pada Tabel 4.. akan dihitung untuk mendapatkan *completion time* atau *makespan*. Hasil perhitungan dapat dilihat Pada Tabel 5.2

Tabel 5. *Completion time* urutan jadwal GA

	$C(\pi_j, 1)$	$C(\pi_j, 2)$	$C(\pi_j, 3)$	$C(\pi_j, 4)$	$C(\pi_j, 5)$	$C(\pi_j, 6)$
$C(\pi_k, 1)$	7	17	52	67	87	107
$C(\pi_k, 4)$	16	30	79	92	113	132
$C(\pi_k, 6)$	23	43	118	131	149	168
$C(\pi_k, 5)$	33	54	156	175	195	219
$C(\pi_k, 2)$	42	66	184	204	226	247
$C(\pi_k, 3)$	47	79	223	237	258	281

Urutan tersebut memiliki nilai *makespan* sebesar 281 menit. Output lain yang dapat disimpulkan setelah dilakukannya pengolahan data melalui *software* Matlab R2020a, yaitu *gantt chart*. *Gantt chart* urutan jadwal optimal GA dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Gantt chart* penjadwalan GA

Gantt chart menunjukkan waktu proses tiap *job* pada setiap mesin dan waktu total tiap mesin dalam memproses semua *job* yang ada. Pada *gantt chart* Gambar 4. menunjukkan bahwa untuk memproses urutan jadwal J1, J4, J6, J5, J2, J3 dalam 6 jenis mesin yang berbeda diperlukan waktu total proses adalah sebesar 281 menit

Perbandingan Penjadwalan Metode *Particle Swarm Optimization* dan *Genetic Algorithm*

Hasil penjadwalan produksi dengan menggunakan dua metode metaheuristik, yaitu *particle swarm optimization* dan *genetic algorithm* yang diolah menggunakan *software* Matlab R2020a dapat dibandingkan dengan menggunakan kriteria urutan jadwal dan *makespan* pada masing-masing metode.

Perbandingan hasil penjadwalan dengan menggunakan metode *particle swarm optimization* dan *genetic algorithm* dengan mempertimbangkan urutan jadwal dan nilai *makespan* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perbandingan penjadwalan PSO dan GA

Metode	Urutan Jadwal	Makespan
<i>Particle Swarm Optimization</i>	J1, J3, J2, J4, J5, J6	273 menit
<i>Genetic Algorithm</i>	J1, J4, J6, J5, J2, J3	281 menit

Berdasarkan perhitungan hasil penjadwalan dengan metode *particle swarm optimization* memiliki nilai *makespan* terendah dibandingkan dengan *makespan* penjadwalan dengan metode *genetic algorithm*. Metode *particle swarm optimization* membutuhkan waktu selama 273 menit untuk menyelesaikan sebuah sarung tangan. Sedangkan metode GA memerlukan waktu sedikit lebih lama dibandingkan metode *particle swarm optimization* yaitu selama 281 menit atau selisih 8 menit.

Simpulan

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, yaitu penjadwalan produksi dengan metode algoritma genetika dan algoritma *particle swarm optimization* yang pengolahan datanya dimodelkan dengan program *code* menggunakan *software* Matlab R2020a dapat disimpulkan penjadwalan produksi yang dilakukan dengan metode *particle swarm optimization* dan algoritma genetika dengan menggunakan Matlab R2020a didapatkan *makespan* terendah masing-masing metode. Metode *particle swarm optimization* didapatkan *makespan* terendah sebesar 273 menit yang terdapat pada *swarm* 62, dengan urutan jadwal yaitu J1, J3, J2, J4, J5, J6. Sedangkan metode algoritma genetika *makespan* terendah yang didapatkan pada urutan jadwal J1, J4, J6, J5, J2, J3, yaitu sebesar 281 menit. Penjadwalan produksi sarung tangan *golf* di PT Adi Satria Abadi dengan metode *particle swarm optimization* dan algoritma genetika menghasilkan nilai *makespan* masing-masing metode terendah. Perbandingan nilai *makespan* antara metode PSO dan GA menunjukkan bahwa metode *particle swarm optimization* memiliki nilai *makespan* 8 menit lebih kecil dibandingkan metode *genetic algorithm* yang memiliki nilai *makespan* sebesar 281 menit. Jadi, hasil penjadwalan produksi yang optimal diperoleh dengan metode *particle swarm optimization*, karena memiliki nilai *makespan* minimum dibanding metode algoritma genetika.

Daftar Pustaka

- [1] F. A. Hashim, K. Hussain, E. H. Houssein, M. S. Mabrouk, and W. Al-Atabany, "Archimedes optimization algorithm: a new metaheuristic algorithm for solving optimization problems," *Appl. Intell.*, vol. 51, pp. 1531–1551, 2021.
- [2] M. H. P. Swari, C. A. Putra, and I. P. S. Handika, "Analisis Perbandingan Algoritma Genetika dan Modified Improved Particle Swarm Optimization dalam Penjadwalan Mata Kuliah," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform. JANAPATI*, vol. 11, no. 2, pp. 92–101, 2022.
- [3] R. Habibi, A. C. Panjaitan, and M. H. Firdaus, "Minimasi Makespan Pada Persoalan Penjadwalan Ordered Flowshop Menggunakan PSO," *MES J. Math. Educ. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 40–48, 2021.
- [4] 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.
- [5] P. B. Utomo and W. Setiafindari, "Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Simulated Annealing di Industri XYZ," *Borobudur Eng. Rev.*, vol. 1, no. 1, pp. 49–55, 2021.
- [6] M. Tuegeh, S. Soeprijanto, and M. H. Purnomo, "Modified improved particle swarm optimization for optimal generator scheduling," 2009.
- [7] D. R. Ramdania, M. Irfan, F. Alfarisi, and D. Nuraiman, "Comparison of genetic algorithms and Particle Swarm Optimization (PSO) algorithms in course scheduling," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1402, no. 2, p. 22079.
- [8] N. A. Putri, "Penerapan algoritma non-delay dan algoritma genetika dalam penjadwalan produksi job shop untuk meminimasi total completion time dan number of tardy job pada semi finish komponen di PT. Katsushiro Indonesia," *SKRIPSI-2017*, 2021.
- [9] G. R. Amin and A. El-Bouri, "A minimax linear programming model for dispatching rule selection," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 121, pp. 27–35, 2018.
- [10] M. Widyastuti, E. Irawan, and A. P. Windarto, "Penerapan Metode Gantt Chart dalam Menentukan Penjadwalan Kinerja Karyawan," in *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 2019, vol. 1, pp. 557–563.
- [11] D. A. R. Wati and Y. A. Rochman, "Model Penjadwalan Matakuliah Secara Otomatis Berbasis Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–31, 2013.
- [12] Y. Muharni, "Penerapan Algoritma Simulated Annealing untuk meminimasi Makespan pada Penjadwalan Flow Shop," *J. Ind. Serv.*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [13] I. C. I. Purwanto, Y. A. Nugroho, and S. Suseno, "Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Pendekatan Algoritma Harmony Search Di PT Adi Satria Abadi (ASA)," *J. DISPROTEK*, vol. 11, no. 1, pp. 7–12, 2020.
- [14] A. Yoga Pradana and W. Setiafindari, "Pengembangan Model Optimasi Artificial Neural Network Pada Penjadwalan Produksi Snack Tortilla," 2020.
- [15] Y. Muharni, E. Febianti, and N. N. Sofa, "Minimasi Makespan Pada Penjadwalan Flow Shop Mesin Paralel Produk Steel Bridge B-60 Menggunakan Metode Longest Processing Time Dan Particle Swarm Optimization," *J. Ind. Serv.*, vol. 4, no. 2, 2019.
- [16] A. Irman, E. Febianti, and U. Khasanah, "Minimizing makespan on flow shop scheduling using Campbell Dudek and Smith, particle swarm optimization, and proposed heuristic algorithm," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 673, no. 1, p. 12099.

- [17] H. A. Hatim and F. Ahmad, "PENDEKATAN ALGORITMA GENETIKA DALAM UPAYA OPTIMALISASI PENJADWALAN DI PT. NUANSA INDAH," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 9, no. 2, pp. 145–154, 2022.
- [18] M. Wu, D. Yang, and T. Liu, "An Improved Particle Swarm Algorithm with the Elite Retain Strategy for Solving Flexible Jobshop Scheduling Problem," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2022, vol. 2173, no. 1, p. 12082.
- [19] D. B. M. M. Fontes, S. M. Homayouni, and J. F. Gonçalves, "A hybrid particle swarm optimization and simulated annealing algorithm for the job shop scheduling problem with transport resources," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 306, no. 3, pp. 1140–1157, 2023.
- [20] Afrido, M. Rizki, I. Kusumanto, N. Nazaruddin, M. Hartati, and F. L. Nohirza, "Application of Data Mining Using the K-Means Clustering Method in Analysis of Consumer Shopping Patterns in Increasing Sales (Case Study: Abie JM Store, Jaya Mukti Morning Market, Dumai City)," 2022.
- [21] M. Yanti, F. S. Lubis, N. Nazaruddin, M. Rizki, S. Silvia, and S. Sarbaini, "Production Line Improvement Analysis With Lean Manufacturing Approach To Reduce Waste At CV. TMJ uses Value Stream Mapping (VSM) and Root Cause Analysis (RCA) methods," 2022.
- [22] F. S. Lubis, A. P. Rahima, M. I. H. Umam, and M. Rizki, "Analisis Kepuasan Pelanggan dengan Metode Servqual dan Pendekatan Structural Equation Modelling (SEM) pada Perusahaan Jasa Pengiriman Barang di Wilayah Kota Pekanbaru," *SITEKIN J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 17, no. 1, pp. 25–31, 2020.
- [23] M. Anggaraini, N. Nazaruddin, M. Rizki, and F. S. Lubis, "Proposed Improvements to The Chip Raw Material Control System Using the Continuous Review System and Periodic Review System Methods," 2022.
- [24] R. Kuo, M. Rizki, F. Zulvia, A. K.-C. & Industrial, and U. 2018, "Integration of growing self-organizing map and bee colony optimization algorithm for part clustering," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 120, pp. 251–265, 2018, Accessed: June 05, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835218301888>.
- [25] N. M. Razali, "An efficient genetic algorithm for large scale vehicle routing problem subject to precedence constraints," *Procedia-Social Behav. Sci.*, vol. 195, pp. 1922–1931, Jul. 2015, doi: 10.1016/J.SBSPRO.2015.06.203.
- [26] H. Nazif and L. S. Lee, "Optimised crossover genetic algorithm for capacitated vehicle routing problem," *Appl. Math. Model.*, vol. 36, no. 5, pp. 2110–2117, May 2012, doi: 10.1016/J.APM.2011.08.010.
- [27] R.-J. Kuo, F. E. Zulvia, and K. Suryadi, "Hybrid particle swarm optimization with genetic algorithm for solving capacitated vehicle routing problem with fuzzy demand—A case study on garbage collection system," *Appl. Math. Comput.*, vol. 219, no. 5, pp. 2574–2588, 2012.