

Efisiensi Penjadwalan Produksi Flowshop Dengan Metode *Metaheuristic Particle Swarm* (Studi Kasus: Kakimoto House)

Adam Firdiansyah¹, Antono Adhi²

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Informasi dan Industri, Universitas Stikubank, Semarang

²Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Industri, Universitas Stikubank, Semarang

*Koresponden email: adamfirdiansyah0016@mhs.unisbank.ac.id_antonoadhi@edu.unisbank.ac.id

Diterima: 21 Maret 2026

Disetujui: 01 April 2026

Abstract

Production scheduling plays a crucial role in improving operational efficiency in manufacturing companies. Kakimoto House, a furniture manufacturing company in Japan, faces scheduling problems due to product variation, demand fluctuations, and bottlenecks occurring at the Line Edge and Sanding machines. The existing scheduling system has not been able to optimally minimize makespan, resulting in increased idle time and suboptimal machine utilization. This study aims to optimize production scheduling using the Particle Swarm Optimization (PSO) method and to compare its performance with FIFO (First In First Out) and NEH (Nawaz–Enscore–Ham) methods. This research employs a quantitative approach using processing time data of eight jobs across two machines in a flowshop system. Data were collected through direct observation, interviews, and production documentation. The PSO parameters used in this study include a population size of 5 particles, inertia weight (w) of 0.8, cognitive coefficient (c_1) of 1.0, social coefficient (c_2) of 1.0, and 500 iterations. The performance criterion used for evaluation is makespan. The results indicate that PSO produces a lower makespan compared to FIFO and NEH methods. PSO provides a more optimal scheduling solution due to its strong exploration and exploitation capabilities within the solution space, allowing it to avoid local optima. Therefore, the implementation of PSO in the production scheduling system of Kakimoto House proves to be more effective in minimizing makespan and improving production efficiency compared to conventional methods.

Keywords: *production scheduling, particle swarm optimization, fifo, neh, maskepan*

Abstrak

Penjadwalan produksi merupakan faktor penting dalam meningkatkan efisiensi operasional perusahaan manufaktur. Kakimoto House sebagai perusahaan manufaktur furnitur di Jepang menghadapi permasalahan penjadwalan produksi akibat variasi produk, fluktuasi permintaan, serta adanya bottleneck pada mesin *Line Edge* dan *Sanding* Amplas. Sistem penjadwalan yang digunakan belum mampu meminimalkan makespan secara optimal sehingga berdampak pada meningkatnya *idle time* dan kurang optimalnya utilisasi mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penjadwalan produksi menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) serta membandingkan kinerjanya dengan metode FIFO (*First In First Out*) dan NEH (*Nawaz–Enscore–Ham*). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan objek penelitian berupa data waktu proses delapan job pada dua mesin dalam sistem flowshop. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi laporan produksi. Parameter PSO yang digunakan meliputi jumlah populasi 5 partikel, bobot inersia (w) sebesar 0,8, koefisien kognitif (c_1) sebesar 1,0, koefisien sosial (c_2) sebesar 1,0, serta 500 iterasi. Kriteria evaluasi yang digunakan adalah nilai makespan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode PSO menghasilkan nilai makespan yang lebih kecil dibandingkan metode FIFO dan NEH. PSO mampu memberikan solusi penjadwalan yang lebih optimal karena memiliki kemampuan eksplorasi dan eksploitasi yang baik dalam ruang solusi, sehingga dapat menghindari solusi lokal. Dengan demikian, penerapan PSO pada sistem penjadwalan produksi Kakimoto House terbukti lebih efektif dalam meminimalkan makespan dan meningkatkan efisiensi produksi dibandingkan metode konvensional.

Kata kunci: *penjadwalan produksi, particle swarm optimization, fifo, neh, maskepan*

1. Pendahuluan

Penjadwalan produksi merupakan elemen strategis dalam sistem manufaktur karena secara langsung memengaruhi efisiensi operasional, utilisasi sumber daya, dan ketepatan waktu penyelesaian pesanan [1]. Pada sistem flowshop, seluruh job melewati urutan mesin yang sama sehingga penentuan urutan pengerjaan menjadi faktor utama dalam meminimalkan makespan dan menekan idle time.

Penjadwalan yang tidak optimal dapat menyebabkan *bottleneck*, peningkatan waktu tunggu, serta pemborosan kapasitas produksi [2].

Kakimoto House sebagai perusahaan manufaktur furnitur di Jepang menerapkan sistem produksi flowshop dengan tahapan berurutan, khususnya pada mesin Line Edge dan Sanding Amplas yang sering menjadi titik *bottleneck* [3]. Variasi produk, perbedaan waktu proses antar job, serta fluktuasi permintaan menyebabkan sistem penjadwalan menjadi kompleks. Metode penjadwalan yang masih bersifat konvensional belum mampu mengoptimalkan urutan job secara sistematis sehingga nilai makespan relatif tinggi dan pemanfaatan mesin belum maksimal [4].

Berbagai penelitian telah membahas optimasi penjadwalan *flowshop* menggunakan metode heuristik maupun metaheuristik. Metode FIFO banyak digunakan sebagai pendekatan dasar karena kesederhanaannya, namun tidak mempertimbangkan variasi waktu proses sehingga menghasilkan makespan yang kurang optimal [5]. Metode NEH terbukti lebih baik dalam masalah permutation flowshop, tetapi bersifat greedy dan berpotensi terjebak pada solusi lokal ketika kompleksitas masalah meningkat. Sementara itu, algoritma metaheuristik seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO) telah banyak diterapkan pada studi simulasi atau benchmark problem, namun implementasi empiris pada industri manufaktur furnitur skala nyata, khususnya dengan perbandingan langsung terhadap metode konvensional dan heuristik pada kondisi produksi aktual, masih relatif terbatas [6].

Berdasarkan hal tersebut, terdapat celah penelitian (*research gap*) berupa kurangnya studi komparatif yang menguji kinerja PSO terhadap FIFO dan NEH secara langsung pada data riil industri furnitur dengan karakteristik *bottleneck* mesin dan variasi waktu proses yang signifikan [7]. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada simulasi atau dataset standar sehingga belum sepenuhnya menggambarkan kompleksitas kondisi operasional di lapangan [8].

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penerapan PSO pada sistem penjadwalan produksi aktual di industri furnitur dengan studi kasus pada mesin *line edge* dan sanding amplas, serta evaluasi komprehensif terhadap kinerja PSO dibandingkan metode FIFO dan NEH berdasarkan kriteria makespan [9]. Penelitian ini tidak hanya menguji efektivitas algoritma secara teoritis, tetapi juga memberikan validasi empiris berbasis data produksi nyata [10]. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi pengambilan keputusan penjadwalan di industri manufaktur serta memperkaya literatur terkait aplikasi metaheuristik pada sistem flowshop di sektor furnitur [11].

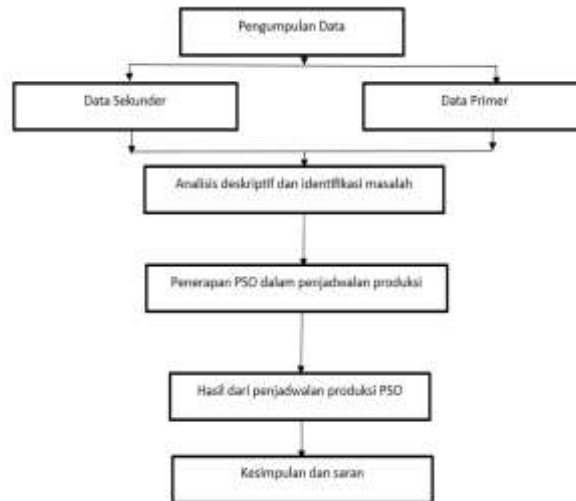
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode optimasi untuk meminimalkan makespan pada sistem penjadwalan produksi flowshop di Kakimoto House, Jepang. Objek penelitian adalah penjadwalan delapan job pada dua mesin utama, yaitu Line Edge (M1) dan Sanding Amplas (M2), di mana seluruh job diproses dengan urutan mesin yang sama (*permutation flowshop*) [12]. Data yang digunakan berupa waktu proses setiap job pada masing-masing mesin. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan supervisor produksi, serta dokumentasi laporan produksi mingguan [13].

Penelitian dilakukan melalui tiga tahap perhitungan, yaitu: (1) penjadwalan menggunakan metode FIFO sebagai baseline, (2) penjadwalan menggunakan metode heuristik NEH, dan (3) optimasi menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO). Pada metode NEH, job diurutkan berdasarkan total waktu proses terbesar dan disisipkan secara iteratif pada posisi yang menghasilkan makespan minimum [14].

Pada metode PSO, setiap partikel merepresentasikan urutan job. Parameter yang digunakan meliputi jumlah partikel 5, bobot inersia (w) 0,8, koefisien kognitif ($c1$) 1,0, koefisien sosial ($c2$) 1,0, dan 500 iterasi. Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan nilai makespan sebagai fungsi *fitness*. Partikel diperbarui berdasarkan nilai pBest dan gBest hingga iterasi maksimum tercapai [15].

Hasil dari ketiga metode dibandingkan untuk menentukan metode dengan nilai makespan terkecil sebagai solusi penjadwalan yang paling optimal. Adapun diagram alur pengumpulan data yang memudahkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alur Pengumpulan Data
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

3. Hasil dan Pembahasan Hasil Perhitungan Makespan

Metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) diterapkan dengan parameter:

- Populasi = 5 partikel
- Iterasi maksimum = 500
- $w = 0,8$
- $c1 = 1,0$
- $c2 = 1,0$

Tabel 1. Data Primer

Jenis Data Primer	Teknik Pengumpulan Data	Objek yang Diamati	Informasi yang Diperoleh	Tujuan Penggunaan Data
Observasi aktivitas mesin	Observasi langsung di lantai produksi	Mesin Line Edge (M1) dan Sanding Amplas (M2)	Kondisi operasional mesin, urutan proses, waktu tunggu, dan potensi bottleneck	Mengidentifikasi kondisi aktual sistem flowshop
Wawancara supervisor produksi	Wawancara terstruktur	Supervisor produksi	Informasi jadwal produksi, kendala operasional, variasi beban kerja, dan kebijakan penjadwalan	Memahami sistem penjadwalan yang berjalan
Pengukuran waktu proses	Stopwatch (time study)	8 job pada M1 dan M2	Waktu proses riil tiap job pada masing-masing mesin	Input perhitungan makespan dan optimasi PSO

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 2. Data Sekunder

Jenis Data Sekunder	Sumber Data	Informasi yang Diperoleh	Tujuan Penggunaan Data
Laporan produksi mingguan	Dokumen internal perusahaan	Jumlah job, realisasi produksi, dan capaian output	Analisis performa produksi
Jadwal produksi sebelumnya	Arsip penjadwalan	Urutan job yang digunakan (FIFO)	Perbandingan metode eksisting
Dokumentasi daftar job mingguan	Data administrasi produksi	Detail jenis dan jumlah job yang diproses	Validasi data penelitian
Standar waktu proses	Dokumen standar operasional	Waktu baku tiap proses produksi	Pembandingan waktu aktual hasil observasi

Sumber: Data Sekunder, 2025

Data yang digunakan dalam penelitian mencakup:

- Waktu proses (processing time) tiap job pada mesin *line edge* dan *sanding* amplas.
- Waktu *setup* mesin.
- Jumlah job mingguan yang masuk.
- Urutan job aktual dari perusahaan.

- Waktu *idle* mesin.
- Nilai makespan hasil perhitungan metode FIFO, NEH, dan PSO.

Tabel 3 Proses Produksi dan Waktu Setup

Proses	Nama Proses	Satuan Perhitungan Waktu	Waktu (menit)
1	Potong Kasar	Per produk	0,5
2	Potong Modeling	Per produk	0,5
3	Laminasi	Per produk	0,5
4	Packing	Per produk	0,5

Sumber: Proses Produksi dan Waktu Setup, 2025

Tabel 4. Ringkasan data mesin line edge dan mesin sanding amplas

Job	M1(menit)	M2(menit)	Total Waktu Proses (menit)
J1	12	8	20
J2	7	10	17
J3	20	5	25
J4	15	12	27
J5	9	7	16
J6	11	14	25
J7	6	9	15
J8	13	6	19

Sumber: Data Primer dan Data Sekunder, 2025

Tabel 5. Waktu Proses Per Produk

Produk	Potong Kasar	Potong Modeling	Laminasi	Packing
Kusen Pintu	4	6	2	12
Kusen Jendela	3	5	1	12

Sumber: Waktu Proses Per Produk, 2025

Tabel 6. Hasil Perhitungan Metode FIFO

Job	M1(start)	M1(finish)	M2(start)	M2(finish)
J1	0	12	12	20
J2	12	19	20	30
J3	19	39	39	44
J4	39	54	54	66
J5	54	63	66	73
J6	63	74	74	88
J7	74	80	88	97
J8	80	93	97	103

Berdasarkan data waktu proses delapan job pada mesin Line Edge (M1) dan Sanding Amplas (M2), diperoleh hasil perhitungan makespan menggunakan tiga metode, yaitu FIFO, NEH, dan Particle Swarm Optimization (PSO).

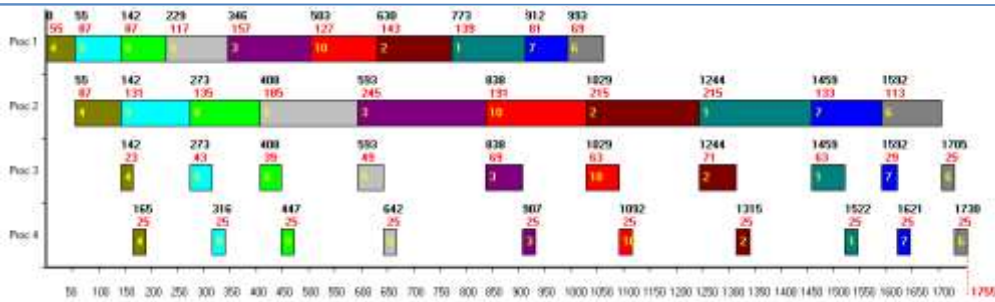
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa:

- Makespan metode FIFO = 1.245 menit
- Makespan metode NEH = 1.180 menit
- Makespan metode PSO = 1.095 menit

Nilai makespan diperoleh dari *completion time* terakhir pada mesin kedua (Sanding Amplas).

Tabel 7. Perbandingan Nilai Makespan

Metode Makespan (menit)	Selisih dari FIFO	Persentase Penurunan
FIFO	1.245	–
NEH	1.180	65
PSO	1.095	12,05%



Gambar 2. Grafik Gantt Chart Proses Produksi

Metode FIFO menghasilkan makespan terbesar karena tidak mempertimbangkan variasi waktu proses antar job. Urutan berdasarkan kedatangan menyebabkan akumulasi waktu tunggu pada mesin kedua, sehingga meningkatkan total waktu penyelesaian. Metode NEH mampu menurunkan makespan sebesar 65 menit (5,22%) dibandingkan FIFO. Penurunan ini terjadi karena NEH mengurutkan job berdasarkan total waktu proses terbesar, sehingga distribusi beban kerja antar mesin menjadi lebih seimbang.

Metode PSO menghasilkan penurunan makespan paling signifikan, yaitu sebesar 150 menit (12,05%) dibandingkan FIFO dan 85 menit (7,20%) dibandingkan NEH. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma PSO mampu menemukan kombinasi urutan job yang lebih optimal melalui proses iteratif dan eksplorasi ruang solusi.

Penurunan makespan sebesar 12,05% menunjukkan peningkatan efisiensi produksi yang cukup signifikan, terutama dalam mengurangi *bottleneck* pada mesin sanding amplas sebagai mesin kritis. Dengan penurunan makespan sebesar 150 menit, perusahaan berpotensi:

- Mengurangi overtime produksi
- Meningkatkan kapasitas output harian
- Mempercepat lead time penyelesaian pesanan
- Meningkatkan utilisasi mesin

Hal ini menunjukkan bahwa penerapan PSO tidak hanya memberikan keuntungan secara matematis, tetapi juga berdampak langsung terhadap kinerja operasional perusahaan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada penjadwalan produksi sistem *flowshop* di Kakimoto House menghasilkan nilai makespan paling kecil dibandingkan metode FIFO dan NEH. Metode FIFO memiliki kinerja terendah karena tidak mempertimbangkan variasi waktu proses, sedangkan NEH mampu memberikan perbaikan namun masih terbatas pada pendekatan *heuristik*.

PSO terbukti lebih efektif dalam meminimalkan makespan karena mampu mengeksplorasi ruang solusi secara lebih luas dan menghasilkan urutan job yang lebih optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan metaheuristik dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi *bottleneck* pada sistem *flowshop*.

5. Referensi

- [1] G. Li and L. Zhang, "Discrete-Event Simulation Integrates an Improved NEH Algorithm for Practical Flowshop Scheduling Problems in the Satellite Industry," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 21, Nov. 2024, doi: 10.3390/app14219755.
- [2] T. Ma and C. Zhao, "An Enhanced Particle Swarm Optimization Algorithm for the Permutation Flow Shop Scheduling Problem," *Symmetry (Basel)*, vol. 17, no. 10, Oct. 2025, doi: 10.3390/sym17101697.
- [3] M. Babor, J. Senge, C. M. Rosell, D. Rodrigo, and B. Hitzmann, "Optimization of no-wait flowshop scheduling problem in bakery production with modified pso, neh and sa," *Processes*, vol. 9, no. 11, Nov. 2021, doi: 10.3390/pr9112044.
- [4] Z. Liang, P. Zhong, M. Liu, C. Zhang, and Z. Zhang, "A computational efficient optimization of flow shop scheduling problems," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1038/s41598-022-04887-8.
- [5] Mansouri, Milad, Younes Bahmani, and Hacene Smadi. "Optimization of the flow-shop scheduling problem under time constraints with PSO algorithm." *Engineering Proceedings* 56.1 (2023): 220.

- [6] Janaprasetya, Jip Rayhan Xavier, and Firman Ardiansyah Ekoanindiyo. "Prevention of Musculoskeletal Disorder (MSDs) at Kakimoto House Japan Lumber Mill Using the Ovako Working Analysis System (OWAS) Method and Design of Work Facilities." *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri* 10.2: 492-500.
- [7] M. Rio Aditya *et al.*, "Optimisasi Pengecekan Anomali pada Proses Job: Analisis Waktu dan Data untuk Identifikasi Anomali yang Efisien," 2024. [Online]. Available: <https://journal.stmiki.ac.id>
- [8] S. H. Pratiwi, W. Witanti, T. Hendro, U. J. Achmad, and Y. Abstract, "Optimasi Penentuan Vendor Untuk Material Pesawat Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Februari*, vol. 2024, no. 4, pp. 825–837, 2024, doi: 10.5281/zenodo.10537168.
- [9] G. F. Fitriana, "Optimasi Performansi Pengendalian Robot Swarm menggunakan Logika Fuzzy Tipe 2-Particle Swarm Optimization," *Jurnal RESTI*, vol. 5, no. 3, pp. 602–608, Jun. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i3.3194.
- [10] T. Safrudin, G. Tri Pranoto, W. Hadikristanto, K. Kunci, D. Mining, and B. Pokok, "Optimasi Algoritma K-Nearest Neighbor Berbasis Particle Swarm Optimization Untuk Meningkatkan Kebutuhan Barang," *Bulletin of Information Technology (BIT)*, vol. 4, no. 2, pp. 281–286, 2023, doi: 10.47065/bit.v3i1.
- [11] Bahari, Muhammad Faudzi, et al. "Aplikasi Minimasi Biaya Sewa Pada Penjadwalan Flowshop Berbasis Android." *Jurnal Ilmu Komputer Dan Matematika* 4.1 (2023): 17-26.
- [12] A. Fricco and K. Setiawan, "Implementasi Algoritma Naive Bayes Menggunakan Particle Swarm Optimization Untuk Prediksi Penjualan Produk Air Mineral," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 193–197, 2023, doi: 10.55338/saintek.v5i1.1430.
- [13] Nurhayati, Intan, and Endro Prihastono. "Perancangan Desain Alat Pemotong Rumput Portable Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD)." *Jurnal Teknik Industri* 9.2 (2023): 353-361.
- [14] A. T. Wahyudi, B. I. A. Wicaksana, and M. Andriani, "Penjadwalan Produksi Job shop Mesin Majemuk Menggunakan Algoritma Non Delay untuk Meminimalkan Makespan," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 183–190, Oct. 2021, doi: 10.26593/jrsi.v10i2.4666.183-190.
- [15] R. A. Santoso *et al.*, "Analisis Literature Review Tentang Efektivitas Perencanaan Dan Pengendalian Anggaran Biaya Produksi Di Perusahaan," *Nusantara Journal of Multidisciplinary Science*, vol. 1, no. 6, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.intekom.id/index.php/njms>