



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**ANALISIS MODEL PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN *HYBRID*
WHALE OPTIMIZATION ALGORITHM DAN *PARTICLE SWARM*
OPTIMIZATION STUDI KASUS PT. XYZ**



**JURUSAN TEKNIK GRAFIKA PENERBITAN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS MODEL PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN *HYBRID WHALE OPTIMIZATION ALGORITHM* DAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* STUDI KASUS PT. XYZ.

Disahkan pada,

Depok, 10 Juli 2025

Pembimbing Materi

Pembimbing Teknis


Dra. Wiwi Pratiwinarti, M.M.
NIP. 196407191997022001


Iqbal Yamin, S.T., M.T.
NIP. 198909292022031005

Ketua Program Studi


Muryeti, S.Si., M.Si.
NIP. 197308111999032001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS MODEL PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN *HYBRID WHALE OPTIMIZATION ALGORITHM* DAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*
STUDI KASUS PT. XYZ

Disahkan pada,
Depok, 10 Juli 2025

Penguji I

Saeful Imam, ST, MT
NIP. 198607202010121004

Penguji II

Muryeti, S.Si., M.Si.
NIP. 197308111999032001

Ketua Program Studi

Muryeti, S.Si., M.Si.
NIP. 197308111999032001

Ketua Jurusan

Dr. Zulkarnain, S.T., M.Eng
NIP. 198405292012121002





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar benarnya bahwa semua pernyataan dalam skripsi saya ini dengan judul Analisis Model Penjadwalan Produksi dengan Hybrid Whale Optimization Algorithm dan Particle Swarm Optimization Studi Kasus PT. XYZ merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan dan tugas karya akhir saya sendiri, di bawah bimbingan Dosen Pembimbing yang telah ditetapkan oleh pihak Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan Politeknik Negeri Jakarta.

Skripsi ini belum pernah diajukan sebagai syarat kelulusan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data dan hasil analisis maupun pengolahan yang digunakan, telah dinyatakan sumbernya dengan jelas dan dapat diperiksa kebenarannya.

Depok, 10 Juli 2025



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Nuraprilliana Dewi Sasmino

NIM. 2106411001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

RINGKASAN

Penjadwalan produksi PT. XYZ memiliki permasalahan keterlambatan produksi yang disebabkan adanya antrian pada tahapan proses setelah cetak. Sistem penjadwalan perusahaan saat ini mengadaptasi aturan *earliest due date* (EDD) dengan pertimbangan ketersediaan sumber daya seperti bahan baku dan mesin. Penjadwalan produksi perusahaan menghasilkan nilai makespan sebesar 59.4 jam dan 27 pekerjaan terlambat dari 28 pekerjaan sampel dalam periode Januari-Februari 2025. Studi literatur menunjukkan bahwa pendekatan algoritma metaheuristic seperti *Hybrid Whale Optimization Algorithm* (HWOA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) berpotensi menghasilkan model penjadwalan yang lebih baik.

Penelitian ini mengembangkan model penjadwalan produksi menggunakan HWOA dan PSO. Data sampel diambil dari data produksi riil meliputi 28 pekerjaan yang melalui 9 mesin tahapan produksi. Data kemudian diolah dengan menghitung waktu proses tiap tahapan. Kinerja diukur melalui kriteria: makespan (total waktu produksi) dan jumlah pekerjaan terlambat. Uji performansi dilakukan menggunakan *Efficiency Index* (EI) dan *Relative Error* (RE) untuk membandingkan solusi antar model penjadwalan dengan metode usulan dan dengan penjadwalan perusahaan.

Model penjadwalan dengan HWOA menghasilkan makespan 53,5 jam (pengurangan 9,9%) dan 22 pekerjaan terlambat (penurunan 18,5%). Urutan pekerjaan: 1-22-10-7-24-25-9-20-5-17-6-2-14-13-11-18-23-3-8-12-16-26-15-27-21-4-19-28. Uji performansi menunjukkan nilai $EI = 1,11$ dan $RE = 9,9\%$, membuktikan keunggulan lebih baik terhadap metode perusahaan. Grafik iterasi konvergensi HWOA mengonfirmasi stabilitas solusi setelah 100 iterasi.

PSO mencatat makespan 55,7 jam (pengurangan 6,2%) dan 23 pekerjaan terlambat, dengan urutan: 10-28-22-5-4-17-25-7-20-9-16-2-1-14-3-23-24-26-18-13-15-12-21-27-11-6-8-19. Meskipun lebih baik dari metode perusahaan dengan $EI = 1,06$, PSO kalah efektif dibanding HWOA. Komparasi langsung HWOA vs PSO menunjukkan $EI = 1,04$ dan $RE = 4,1\%$, menegaskan HWOA sebagai algoritma terbaik untuk minimasi makespan dan keterlambatan dalam studi kasus ini.

Kata kunci: penjadwalan, makespan, pekerjaan terlambat, *hybrid whale optimization algorithm* (HWOA), *particle swarm optimization* (PSO)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SUMMARY

PT XYZ production scheduling has a production delay problem caused by a queue at the post-printing process stage. The company's current scheduling system adapts the earliest due date (EDD) rule with consideration of the availability of resources such as raw materials and machinery. The company's production scheduling resulted in a makespan value of 59.4 hours and 27 late jobs out of 28 sample jobs in the January-February 2025 period. Literature studies show that metaheuristic algorithm approaches such as Hybrid Whale Optimization Algorithm (HWOA) and Particle Swarm Optimization (PSO) have the potential to produce better scheduling models.

This research develops a production scheduling model using HWOA and PSO. Sample data is taken from real production data including 28 jobs that go through 9 production stage machines. The data is then processed by calculating the processing time of each stage. Performance is measured through the criteria: makespan (total production time) and number of late jobs. Performance tests are conducted using Efficiency Index (EI) and Relative Error (RE) to compare solutions between scheduling models with the proposed method and with company scheduling.

The scheduling model with HWOA resulted in a makespan of 53,5 hours (9,9% reduction) and 22 late jobs (18,5% reduction). The order of work: 1-22-10-7-24-25-9-20-5-17-6-2-14-13-11-18-23-3-8-12-16-26-15-27-21-4-19-28. The performance test shows the values of $EI = 1,11$ and $RE = 9,9\%$, proving a better advantage over the company's method. The HWOA convergence iteration graph confirmed the stability of the solution after 100 iterations.

PSO recorded a makespan of 55,7 hours (6,2% reduction) and 23 late jobs, in the order: 10-28-22-5-4-17-25-7-20-9-16-2-1-14-3-23-24-26-18-13-15-12-21-27-11-6-8-19. Although better than the company's method ($EI = 1,06$), PSO is less effective than HWOA. A direct comparison of HWOA vs PSO shows $EI = 1,04$ and $RE = 4,1\%$, confirming HWOA as the best algorithm for makespan and delay minimization in this case study.

Keywords: scheduling, makespan, late jobs, hybrid whale optimization algorithm (HWOA), particle swarm optimization (PSO)



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, skripsi yang berjudul " Analisis Model Penjadwalan Produksi dengan *Hybrid Whale Optimization Algorithm* Dan *Particle Swarm Optimization* Studi Kasus PT. XYZ" ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Industri Cetak Kemasan di Jurusan Teknik Grafika & Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Dr. Syamsurizal, S.E., M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta.
2. Dr. Zulkarnain, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan.
3. Muryeti S. Si, M. Si., selaku Ketua Program Studi Teknologi Industri Cetak dan Kemasan
4. Dra. Wiwi Prastiwinarti, M.M., selaku Dosen Pembimbing Materi yang telah meluangkan waktu untuk mengarahkan serta membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.
5. Iqbal Yamin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Teknis yang telah meluangkan waktu untuk mengarahkan serta membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.
6. Jajaran dan karyawan PT. XYZ.
7. Seluruh dosen dan staf di Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa studi.
8. Orang tua dan keluarga tercinta, atas dukungan moral, finansial, serta doa tak terhingga.
9. Sigma Girls aka Grup Gak Jelas, SAVESUNDAY, Skincare gurls yang telah kebersamai penulis selama penulisan skripsi.
10. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap segala saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan praktisi di bidang industri kemasan. Akhir kata, penulis berharap semoga karya ini mendapat ridho dari Tuhan Yang Maha Esa. Terimakasih.

Depok, Juli 2025



Nuraprilliana Dewi Sasminto





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
RINGKASAN	iv
SUMMARY	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	7
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	7
BAB II TINJAUAN LITERATUR	8
2.1. Kemasan	8
2.1.1. Kemasan Karton Lipat.....	9
2.2. Penjadwalan Produksi	9
2.2.1. Klasifikasi Permasalahan Panjadwalan Produksi	10
2.2.2. Tujuan Penjadwalan Produksi.....	12
2.2.3. Istilah-Istilah Dalam Penjadwalan Produksi.....	13
2.3. Teknik dan Metode Optimasi	13
2.3.1. Algoritma <i>Hybrid Whale Optimisation Algorithm</i>	15
2.3.2. Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	17
2.3.3. Uji Performansi.....	18
2.4. State of the Art.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Rancangan Penelitian	26

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2. Metode Pengumpulan Data	26
3.3. Prosedur Analisis Data	28
3.3.1. Tahap Awal Penelitian.....	30
3.3.2. Pengumpulan Data.....	33
3.3.3. Pengolahan Data	35
3.3.4. Analisis Data	37
3.3.5. Kesimpulan dan Saran	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Perhitungan Waktu Proses	39
4.2. Penjadwalan Produksi Perusahaan	42
4.3. Model Penjadwalan Produksi Dengan HWOA	43
4.4. Model Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma PSO	45
4.5. Uji Performansi Penjadwalan Produksi.....	47
4.5.1. Uji Performansi Penjadwalan Produksi Perusahaan dengan HWOA..	48
4.5.2. Uji Performansi Penjadwalan Produksi Perusahaan dengan PSO	49
4.5.3. Uji Performansi Penjadwalan Produksi HWOA dengan PSO	50
4.5.4. Uji Statistika Penjadwalan Produksi.....	51
4.6. Perbandingan Model Penjadwalan	52
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Simpulan.....	54
5.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
DAFTAR LAMPIRAN	60
RIWAYAT HIDUP	73



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tahap Pengumpulan Data.....	28
Tabel 3. 2 Data Keterlambatan Pekerjaan Perusahaan.....	33
Tabel 3. 3 Contoh Tabel Perbandingan	37
Tabel 3. 4 Contoh Tabel Perbandingan Uji Peformansi	38
Tabel 4. 1 Tabel Eksperimen Penentuan Iterasi.....	43
Tabel 4. 2 Hasil Iterasi HWOA.....	44
Tabel 4. 3 Tabel Eksperimen Penentuan Iterasi	46
Tabel 4. 4 Hasil Model Penjadwalan PSO	46
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Statistik Model Penjadwalan.....	51
Tabel 4. 6 Hasil uji-t Model Penjadwalan.....	51
Tabel 4. 7 Tabel Perbandingan Hasil Penjadwalan	52
Tabel 4. 8 Tabel Perbandingan Uji Peformansi.....	52

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Kemasan	9
Gambar 2. 2 Alur Proses HWOA.....	17
Gambar 2. 3 Alur Proses PSO	18
Gambar 3. 1 Kerangka Pemikiran.....	26
Gambar 3. 2 Workflow Penelitian.....	29
Gambar 3. 3 Alur Produksi.....	30
Gambar 4. 1 Hasil Model Penjadwalan HWOA.....	44
Gambar 4. 2 Grafik Pergerakan Agen Pencari	44
Gambar 4. 3 Grafik Metrik Tujuan Optimasi Penjadwalan	45
Gambar 4. 4 Hasil Model Penjadwalan dengan PSO.....	46
Gambar 4. 5 Grafik Metrik Tujuan Optimasi Penjadwalan dengan PSO	47
Gambar 4. 6 Grafik Pergerakan Partikel	47

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Permintaan Order.....	60
Lampiran 2 Tabel Spesifikasi Mesin.....	61
Lampiran 3 Tabel Urutan Penggunaan Mesin.....	62
Lampiran 4 Pseudocode HWOA.....	63
Lampiran 5 Pseudocode PSO.....	65
Lampiran 6 Tabel Perhitungan Waktu Proses Produksi PT. XYZ.....	66
Lampiran 7 Tabel Perhitungan Makespan.....	67
Lampiran 8 Logbook Bimbingan Materi	71
Lampiran 9 Logbook Bimbingan Teknis	72





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ekonomi Indonesia saat ini dalam kondisi stabil terlihat dari angka pertumbuhan domestik bruto (PDB) Badan Penelitian Statistik (BPS) Indonesia pada akhir tahun 2024 yaitu di angka 5,03% yoy (*year-on-year*). Industri manufaktur merupakan salah satu yang berkontribusi dalam struktur angka PDB melalui kegiatan produksinya yaitu dengan indeks produksi rata-rata tahunan untuk industri besar dan sedang yang bernilai 157,06 serta industri mikro dan kecil senilai 143,57. Berdasarkan data BPS [1], Indonesia memiliki sejumlah perusahaan untuk industri besar dan sedang sebanyak 31.795 unit dengan nilai output sebesar 8.123.665 dan pertumbuhan produksi rata-rata tahunan sebesar 2,64. Selain itu, Indonesia juga memiliki sejumlah 4.500.584 unit usaha industri mikro dan kecil di tahun 2023 dengan pertumbuhan produksi rata-rata tahunan 2024 sebesar 1,98. Industri kemasan, sebagai bagian dari industri manufaktur, memiliki potensi pertumbuhan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Kemasan memiliki peran sebagai sektor pendukung berbagai industri manufaktur mulai dari industri makanan dan minuman, farmasi dan obat-obatan, kosmetik, otomotif, dan lain sebagainya baik dalam skala industri besar dan sedang sampai pada skala industri mikro dan kecil.

Menurut *Indonesia Packaging Federation* (IPF), tren permintaan kemasan di Indonesia mengalami peningkatan sebagian besar berasal dari UMKM sejak tahun 2024 dengan karakteristik permintaan yaitu *quantity* kecil, harga murah, dan terdapat juga peningkatan untuk permintaan produk kemasan *custom packaging*. Permintaan pasar modern telah beralih ke arah personalisasi produk dan layanan secara massal [2]. Perusahaan harus mampu menyesuaikan diri dengan kompetisi pasar yang sedang dihadapinya [3]. Perusahaan dituntut untuk memenuhi apa yang menjadi keinginan konsumen. Hal ini memerlukan penyesuaian manajemen *equipment schedule*, *material supply chain*, dan operasional pabrik. Penjadwalan yang efektif, sebagai salah satu elemen yang memerlukan penyesuaian dalam manufaktur dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tugas tertentu, meningkatkan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

efisiensi sumber daya, dan dengan demikian dapat memaksimalkan keuntungan.

Penjadwalan produksi merupakan operasi manufaktur yang melibatkan penentuan urutan dan waktu kegiatan produksi untuk memaksimalkan efisiensi dan memenuhi target produksi. Penjadwalan produksi merupakan aspek penting dari operasi manufaktur. Penjadwalan yang baik adalah kunci keberhasilan dalam pasar yang kompetitif saat ini, dan memiliki berbagai manfaat seperti peningkatan produksi, pengurangan biaya produksi, mendukung alokasi sumber daya, optimalisasi pabrik, dll [4]. Fungsi objektif dari penjadwalan antara lain untuk meminimalkan total waktu produksi atau makespan, meminimalkan waktu tunggu antar mesin, meminimalkan keterlambatan, dan lainnya [5]. Untuk meningkatkan produksi dan mencapai waktu penyelesaian minimum, perusahaan perlu menetapkan urutan produksi yang optimal [4]. Penjadwalan pekerjaan yang tidak efisien menyebabkan penumpukan pada tahap pemrosesan produk, meningkatkan total waktu produksi, dan menyebabkan keterlambatan waktu pengiriman produk [6].

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri kemasan. Produk yang dihasilkan perusahaan berupa kemasan produk kosmetik, makanan dan minuman diantaranya kemasan karton lipat (KKL), kemasan bergelombang atau kardus, kemasan fleksibel, dan material kemasan kertas. Penelitian ini akan berfokus pada penjadwalan produksi kemasan karton lipat (KKL). Produk kemasan KKL perusahaan diproduksi menggunakan teknik cetak offset dengan alur proses produksi yaitu pra-cetak, cetak, post cetak diantaranya pemotongan, pengeleman, folding atau melipat membentuk produk akhir, dan packing atau pengemasan sebagai tahap akhir sebelum dikirim kepada customer. Pendekatan sistem produksi yang dilakukan perusahaan yaitu make to order dimana proses produksi baru akan dilakukan setelah adanya pesanan dari customer dengan aturan prioritas *earliest due date* (EDD) atau tanggal jatuh tempo paling awal. Perusahaan menggunakan software enumerasi untuk penjadwalan produksi kemasan KKL. Permasalahan penjadwalan perusahaan masih ditemui antara lain adanya antrian pada bagian akhir atau *finishing* karena pekerjaan sebelumnya yang tidak selesai tepat waktu. Beberapa pekerjaan mengalami

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

hambatan karena adanya antrian. Hambatan pada salah satu proses produksi kemasan KKL ini bisa berdampak pada ketepatan waktu penyelesaian produksi hingga pengiriman produk akhir kepada customer dan mengakibatkan menurunnya tingkat kepuasan pelanggan. Selain itu bisa juga berdampak pada mobilitas di area produksi dan mempengaruhi performa perusahaan. Oleh karena itu diperlukan model penjadwalan produksi yang dapat menjadi solusi dari permasalahan penjadwalan perusahaan.

Pada penelitian oleh Vania Eliyanti, Lina Gozali, dkk, mengkaji berbagai algoritma seperti Campbell, Dudek, dan Smith (CDS), Genetic Algorithm dan Tabu Search, untuk menemukan solusi optimal dalam penjadwalan. Melalui analisis beberapa studi kasus menunjukkan efektivitas berbagai metode dalam mengurangi waktu penyelesaian dan meningkatkan efisiensi produksi. Hasil penelitian menekankan bahwa kombinasi dari beberapa algoritma dapat menghasilkan hasil yang lebih baik, serta pentingnya perencanaan dan kontrol aliran material dalam mencapai keberhasilan di pasar yang kompetitif [4].

Studi terapan yang dilakukan pada perusahaan manufaktur di Indonesia menunjukkan bahwa metode optimasi efektif dalam mengurangi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan produk. Pada kasus PT. Nuansa Indah, penerapan Algoritma Genetika berhasil mengurangi waktu penyelesaian (makespan) sebesar 17090 detik atau 20.2385 [7]. Sementara itu, di PT Tjokro Bersaudara, optimasi penjadwalan dengan metode Campbell Dudek Smith (CDS) menghasilkan penurunan makespan dari 2008 menit menjadi 1956 menit, membuktikan efisiensinya [8]. Kedua studi ini memberikan kontribusi praktis dalam meningkatkan produktivitas melalui optimasi penjadwalan, meskipun sama-sama mengakui keterbatasan dalam hal generalisasi hasil ke industri lain dan tantangan implementasi lapangan.

Beberapa algoritma lain diantaranya ALO, PSO, dan WOA dikembangkan dengan pendekatan hybrid yaitu terintegrasi fitur algoritma lainnya. Penelitian oleh Dian Setiya Widodo dan Dana Marsetiya Utama mengembangkan algoritma *Hybrid Ant Lion Optimization* (HALO) untuk menyelesaikan *Permutation Flow Shop Scheduling Problem* (PFSP) dengan tujuan meminimalkan waktu penyelesaian. Penelitian ini menggabungkan algoritma



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ant Lion Optimization (ALO) dari penelitian Mirjalili [9] dengan metode Nawaz-Enscore-Ham (NEH) dan prosedur pertukaran lokal seperti *swap*, *flip*, dan *slide* menjadi *Hybrid Ant Lion Optimization* (HALO). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa HALO efektif dalam mengurangi waktu penyelesaian [10]. Kemudian penelitian oleh Dana Marsetiya Utama bersama Shanty Kusuma Dewi, dkk kembali membahas pengembangan algoritma ALO yang diintegrasikan algoritma heuristic Nawaz, Enscore, Ham dengan fitur *earliest due date* (NEH-EDD) oleh Fernandez [11] menjadi HALO untuk meminimalkan keterlambatan atau mean tardiness dalam masalah penjadwalan flow shop permutasi (PFSP). Hasil eksperimen menunjukkan hasil keterlambatan yang lebih rendah. HALO menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma lain seperti NEH-EDD, *Genetic Algorithm*, dan *Simulated Annealing*. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan tentang penerapan algoritma berbasis alam dalam menyelesaikan masalah penjadwalan. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan algoritma untuk model penjadwalan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya untuk mengoptimalkan algoritma dan mengujinya pada variasi masalah penjadwalan lainnya [12].

Penelitian oleh Iqbal Hayat, Adnan Tariq, dkk membahas pengembangan model untuk *Permutation Flow-Shop Scheduling Problem* (PFSP) melalui kombinasi *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Variable Neighborhood Search* (VNS), dan *Simulated Annealing* (SA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *hybrid PSO* (HPSO) yang dikembangkan memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan PSO standar dan PSO-VNS, dengan nilai rata-rata relative perbedaan performa atau *Average Relative Performance Difference* (ARPD) sebesar 0.48. Penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menerapkan pendekatan ini pada jenis masalah penjadwalan lainnya [5].

Beberapa penelitian melakukan perbaikan modifikasi dan meningkatkan algoritma *Whale Optimization Algorithm* (WOA). Penelitian oleh Seyed Mostafa Bozorgi dan Samaneh Yazdani mengidentifikasi kelemahan WOA dasar dari penelitian oleh Marjalili [13] yang mudah terjebak optimum lokal dan mengusulkan dua perbaikan antara lain IWOA dengan menggabungkan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

WOA dan *Differential Evolution/DE*) kemudian IWOA+ dengan menambahkan parameter search mode pada IWOA. Keduanya menunjukkan kinerja lebih baik daripada WOA asli, dengan IWOA+ lebih unggul dalam beberapa kasus [14]. Penelitian oleh D M Utama juga memanfaatkan WOA sebagai dasar dengan mengembangkannya menjadi Hybrid Whale Optimization Algorithm (HWOA) yang diintegrasikan dengan NEH-EDD dan dilengkapi strategi pencarian lokal (swap & flip) untuk penjadwalan produksi, menghasilkan jumlah pekerjaan terlambat paling sedikit mengungguli PSO dan GA [15].

Penelitian terdahulu menunjukkan penerapan algoritma atau dengan pengembangan pendekatan hibrid yaitu menggabungkan beberapa algoritma. Beberapa kriteria yang dijadikan ukuran kinerja diantaranya waktu penyelesaian sampai pada jumlah pekerjaan terlambat. Secara keseluruhan, studi terdahulu merekomendasikan eksplorasi lebih lanjut untuk menguji algoritma pada masalah penjadwalan dalam konteks industri.

Pemodelan penjadwalan produksi perusahaan PT. XYZ yang dilakukan pada penelitian ini akan menggunakan pendekatan metode algoritma *Hybrid Whale Optimization Algorithm* (HWOA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dengan data sejumlah pekerjaan produksi kemasan KKL PT. XYZ periode Januari-Februari 2025 untuk mengurangi jumlah pekerjaan terlambat dan mendapatkan makespan minimum, hal ini diharapkan menjadi kebaruan dari penelitian ini. Saat ini PT. XYZ membuat penjadwalan dengan pendekatan aturan *earliest due date* (EDD) dimana pekerjaan yang memiliki tenggat waktu paling awal akan di produksi lebih dulu. Pada penelitian ini akan dibuat model penjadwalan produksi dengan HWOA dan PSO yang belum dilakukan perusahaan. Pada penelitian oleh D M Utama model penjadwalan dengan HWOA mampu menghasilkan penjadwalan yang lebih baik dalam mengurangi jumlah pekerjaan terlambat [15]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat usulan penjadwalan produksi dengan HWOA dan PSO. Pendekatan algoritma HWOA dan PSO diharapkan mampu membuat usulan penjadwalan produksi yang memperkuat pemetaan pada setiap proses agar lebih tepat waktu sehingga mampu mengurangi terjadinya keterlambatan produksi dan pengiriman produk. Kinerja algoritma diukur dengan membandingkan hasil makespan model

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penjadwalan pada uji peformansi efficiency index (EI) dan relative error (RE) [15] [12].

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini mencakup pengembangan algoritma yang disesuaikan untuk aplikasi penjadwalan produksi kemasan yang dapat mengungguli metode terdahulu dalam waktu keseluruhan pengerjaan sehingga meminimasi keterlambatan. Temuan penelitian ini akan berkontribusi untuk memajukan bidang manajemen operasi PT. XYZ dengan memberikan wawasan praktis untuk menerapkan model jadwal produksi yang dioptimalkan dalam skenario manufaktur. Penelitian dimasa depan dapat membuat sistem aplikasi praktis untuk penjadwalan produksi berdasarkan pendekatan algoritma pada penelitian ini atau mengeksplorasi lebih lanjut kombinasi metode yang tepat untuk permasalahan penjadwalan produksi pada setiap perusahaan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah untuk penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

- a. Bagaimana penerapan dan peforma model penjadwalan HWOA pada penjadwalan produksi PT. XYZ untuk mengurangi jumlah pekerjaan terlambat dan mendapatkan nilai makespan minimum?
- b. Bagaimana penerapan dan peforma model penjadwalan PSO pada penjadwalan produksi PT. XYZ untuk mengurangi jumlah pekerjaan terlambat dan mendapatkan nilai makespan minimum?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mencari solusi untuk mengurangi jumlah pekerjaan terlambat dalam proses produksi melalui simulasi model penjadwalan dengan algoritma usulan.
- b. Mencari solusi untuk meningkatkan efisiensi waktu dalam proses produksi melalui simulasi model penjadwalan dengan algoritma usulan.
- c. Menemukan strategi untuk meningkatkan performa penjadwalan produksi perusahaan melalui simulasi model penjadwalan dengan algoritma usulan.
- d. Mengidentifikasi peforma metode algoritma usulan dalam model penjadwalan produksi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.4. Manfaat Penelitian

a. Bagi Penulis

Penelitian ini diharapkan agar mampu menjadi laporan yang berkualitas sehingga mendapatkan nilai yang memuaskan bagi penulis. Menambah ilmu pengetahuan dan wawasan tentang perencanaan produksi.

b. Bagi Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi bacaan dan dapat digunakan sebagai acuan penelitian berikutnya agar mampu menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dan dapat dikembangkan dengan lebih baik.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

a. Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini:

- a. Metode yang digunakan adalah pendekatan *Hybrid Whale Optimization Algorithm* (HWOA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO).
- b. Kriteria nilai performansi penjadwalan produksi pada penelitian ini adalah perbandingan makespan dan nilai *Efficiency Index* (EI) serta nilai *Relative Error* (RE) metode usulan dengan metode perusahaan.
- c. Model penjadwalan dengan algoritma usulan dievaluasi berdasarkan hasil total waktu produksi atau nilai makespan dan jumlah pekerjaan terlambat.

b. Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Tidak ada perubahan visi dan misi serta prosedur di perusahaan.
- b. Manajemen perusahaan tidak mengalami perubahan selama penelitian.
- c. Kegiatan produksi tidak mengalami hambatan selama penelitian.



BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Hasil model penjadwalan dengan kedua metode usulan yaitu HWOA dan PSO menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan penjadwalan PT. XYZ saat ini. Beberapa temuan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Penjadwalan produksi dengan HWOA mampu mengurangi jumlah pekerjaan terlambat hingga 22 pekerjaan dari 27 pekerjaan. Sedangkan penjadwalan produksi dengan PSO mampu mengurangi jumlah pekerjaan terlambat hingga 24 pekerjaan.
- b. Penjadwalan produksi dengan HWOA mampu mengurangi total waktu pekerjaan atau makespan hingga 9,9%. Penjadwalan produksi dengan PSO mampu mengurangi makespan hingga 4,7%.
- c. Hasil uji performansi *efficiency index* (EI) kedua metode usulan terhadap penjadwalan PT. XYZ memiliki nilai > 1 yang berarti penjadwalan produksi dengan metode usulan memiliki performa lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan produksi perusahaan. Selain itu, pada hasil uji statistik kedua model penjadwalan dengan metode usulan diperoleh nilai *Significant* (2-tailed) $< 0,05$ yang menunjukkan perbedaan signifikan terhadap penjadwalan perusahaan. Hal ini menunjukkan model penjadwalan dengan kedua metode usulan dapat menjadi solusi untuk mengurangi jumlah pekerjaan terlambat dan meningkatkan efisiensi waktu dalam proses produksi.
- d. Pada uji performansi *efficiency index* (EI) dan *relative error* (RE) antara kedua metode usulan diperoleh hasil nilai EI 1,04 dan RE 4,1% untuk penjadwalan dengan HWOA. Hal ini menunjukkan model penjadwalan dengan HWOA memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan PSO. Model penjadwalan dengan HWOA menjadi usulan pendekatan yang dapat dipertimbangkan PT. XYZ untuk optimasi penjadwalan produksi perusahaan sebagai strategi untuk meningkatkan performansi perusahaan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

5.2. Saran

PT. XYZ dapat mempertimbangkan untuk mengadaptasi model penjadwalan dengan metode usulan terutama model penjadwalan dengan HWOA untuk mengoptimasi penjadwalan produksi perusahaan sebagai strategi meningkatkan performansi dengan meminimalkan jumlah pekerjaan terlambat dan meningkatkan efisiensi waktu dalam proses produksi dalam hal ini yaitu nilai makespan. Penelitian ini masih dapat ditingkatkan dengan mencari model optimasi penjadwalan produksi lainnya dengan berbagai pendekatan sesuai dengan karakteristik permasalahan penjadwalan produksi yang dihadapi. Selain itu penelitian ini dapat dikembangkan dengan pembuatan aplikasi atau software praktis yang menerapkan model HWOA dan atau algoritma lainnya untuk dijadikan pembanding hasil solusi seperti nilai makespan dan jumlah pekerjaan terlambat yang lebih optimal.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, “Statistik Indonesia 2025,” 2025.
- [2] D. Mourtzis, “Advances in Adaptive Scheduling in Industry 4.0,” *Frontiers in Manufacturing Technology*, vol. 2, Jul. 2022, doi: 10.3389/fmtec.2022.937889.
- [3] Nasfi *et al.*, “Ekonomi Pembangunan,” Oct. 2021.
- [4] V. Eliyanti, L. Gozali, L. Widodo, and F. J. Daywin, “Comparison study about production scheduling system from some paper case studies,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jul. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1088/1757-899X/852/1/012109.
- [5] I. Hayat *et al.*, “Hybridization of Particle Swarm Optimization with Variable Neighborhood Search and Simulated Annealing for Improved Handling of the Permutation Flow-Shop Scheduling Problem,” *Systems*, vol. 11, no. 5, May 2023, doi: 10.3390/systems11050221.
- [6] L. Gozali, V. Kurniawan, and S. R. Nasution, “Design of Job Scheduling System and Software for Packaging Process with SPT, EDD, LPT, CDS and NEH algorithm at PT. ACP,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jan. 2019, pp. 1–8. doi: 10.1088/1757-899X/528/1/012045.
- [7] H. A. Hatim and F. Ahmad, “Pendekatan Algoritma Genetika Dalam Upaya Optimalisasi Penjadwalan di PT. Nuansa Indah,” *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 9, no. 2, p. 145, Aug. 2022, doi: 10.24853/jisi.9.2.145-154.
- [8] S. N. S. Sidabutar, M. Amin, and A. Putri, “Penjadwalan Operasi Mesin Produksi Dengan Metode CDS (Campbell Dudek Smith) Di PT Tjokro Bersaudara Balikpapanindo,” vol. 11, no. 2, pp. 53–61, 2019.
- [9] S. Mirjalili, “The ant lion optimizer,” *Advances in Engineering Software*, vol. 83, pp. 80–98, 2015, doi: 10.1016/j.advengsoft.2015.01.010.
- [10] D. S. Widodo and D. M. Utama, “The Hybrid Ant Lion Optimization Flow Shop Scheduling Problem for Minimizing Completion Time,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Jul. 2020, pp. 1–7. doi: 10.1088/1742-6596/1569/2/022097.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [11] V. Fernandez-Viagas and J. M. Framinan, "NEH-based heuristics for the permutation flowshop scheduling problem to minimise total tardiness," *Comput Oper Res*, vol. 60, pp. 27–36, 2015, doi: 10.1016/j.cor.2015.02.002.
- [12] D. S. Widodo, M. F. Ibrahim, S. K. Dewi, and D. M. Utama, "An effective hybrid ant lion algorithm to minimize mean tardiness on permutation flow shop scheduling problem," *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, vol. 6, no. 1, pp. 23–35, Mar. 2020, doi: 10.26555/ijain.v6i1.385.
- [13] S. Mirjalili and A. Lewis, "The Whale Optimization Algorithm," *Advances in Engineering Software*, vol. 95, pp. 51–67, May 2016, doi: 10.1016/j.advengsoft.2016.01.008.
- [14] S. Mostafa Bozorgi and S. Yazdani, "IWOA: An improved whale optimization algorithm for optimization problems," *J Comput Des Eng*, vol. 6, no. 3, pp. 243–259, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.jcde.2019.02.002.
- [15] D. M. Utama, "Minimizing Number of Tardy Jobs in Flow Shop Scheduling Using A Hybrid Whale Optimization Algorithm," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Mar. 2021, pp. 1–8. doi: 10.1088/1742-6596/1845/1/012017.
- [16] temprina.com, "Kemasan Makanan - Hasil Produksi PT. Temprina Packaging." Accessed: Apr. 20, 2025. Available: <https://www.temprina.com/media/upload/images/packaging/66a75345b63e512ce1e61bdd8661f01a.jpg>
- [17] M. M and Subanar, "Kajian terhadap Beberapa Metode Optimasi (Survey of Optimization Methods)," 2017. doi: <https://dx.doi.org/10.30595/juita.v5i1.1872>.
- [18] E. Herjanto, "Manajemen Operasi (Edisi 3)," p. 43, 2007.
- [19] R. A. Liaqait, S. Hamid, S. S. Warsi, and A. Khalid, "A critical analysis of job shop scheduling in context of Industry 4.0," Jul. 02, 2021, *MDPI AG*. doi: 10.3390/su13147684.
- [20] Z. Jiang, S. Yuan, J. Ma, and Q. Wang, "The evolution of production scheduling from Industry 3.0 through Industry 4.0," *Int J Prod Res*, vol. 60, no. 11, pp. 3534–3554, 2022, doi: 10.1080/00207543.2021.1925772.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [21] G. P. Georgiadis, A. P. Elekidis, and M. C. Georgiadis, "Optimization-based scheduling for the process industries: From theory to real-life industrial applications," *Processes*, vol. 7, no. 7, Jul. 2019, doi: 10.3390/pr7070438.
- [22] P. Siarry, *Metaheuristics*. Springer International Publishing, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-45403-0.
- [23] D. Prasisti and Y. A. Nugroho, "Optimasi Penjadwalan Produksi untuk Meminimalkan Makespan dengan Pendekatan Particle Swarm Optimization dan Genetic Algorithm," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, vol. 2, no. 2, pp. 111–118, 2023.
- [24] F. Maria and E. Sihombing, "Analisis Perbaikan Penjadwalan Flowshop Menggunakan Metode Whale Optimization Algorithm," *Talenta Conference Series: Energy & Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 606–612, 2023, doi: DOI:10.32734/ee.v6i1.1873.
- [25] D. M. Utama, T. Baroto, D. Maharani, R. Jannah, and R. A. Octaria, "Algoritma ant-lion optimizer untuk meminimasi emisi karbon pada penjadwalan flow shop dependent sequence set-up," *Jurnal Litbang Industri*, 2019, doi: 10.24960/jli.v8i2.4775.69-78.
- [26] Christopher and R. Ginting, "Penjadwalan Produksi Menggunakan Algoritma Bee Colony Optimization," *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering*, vol. Volume 2, no. Issue 3, pp. 201–207, 2019, doi: 10.32734/ee.v2i3.732.
- [27] J. Cestaro *et al.*, "Optimization of Production and Packaging Schedules in a Mixed Discrete/Continuous Manufacturing Environment," in *Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS): University of Virginia, Charlottesville, Virginia, USA*, IEEE, 2019.
- [28] E. Febianti, Y. Muharni, and M. Naufal Azhary, "Penjadwalan Produk Menggunakan Teknik Enumerasi Product Scheduling Using Enumeration Techniques," *Journal of Integrated System*, vol. Vol. 3 No. 2, pp. 180–193, Dec. 2020.
- [29] P. S. Narayanan, N. S. Kumar, R. Potluru, and T. Mohanavelu, "Job Shop Scheduling Using Heuristics Through Python Programming and Excel

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Interface,” *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 176–200, Oct. 2022, doi: 10.31181/dmame0316102022n.

- [30] D. M. Utama, T. Baroto, and D. S. Widodo, “Energy-Efficient Flow Shop Scheduling Using Hybrid Grasshopper Algorithm Optimization,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 19, no. 1, pp. 30–38, Jun. 2020, doi: 10.23917/jiti.v19i1.10079.
- [31] D. Marsetiya Utama, “An Effective Hybrid Sine Cosine Algorithm to Minimize Carbon Emission on Flow-shop Scheduling Sequence Dependent Setup,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 20, no. 1, pp. 62–72, Feb. 2019, doi: 10.22219/jtiumm.vol20.no1.62-72.
- [32] Q. Salman Khalid, M. Abas, M. Rauf, M. Jahanzaib, and S. Maqsood, “Hybrid Particle Swarm Algorithm For Scheduling In Cellular Manufacturing System-A Case Study,” *J. Engg. and Appl. Sci*, vol. 38, no. 1, 2019, doi: 10.25211/jeas.v38i1.2009.
- [33] I. Strumberger, N. Bacanin, M. Tuba, and E. Tuba, “Resource scheduling in cloud computing based on a hybridized whale optimization algorithm,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 22, Nov. 2019, doi: 10.3390/app9224893.
- [34] A. G. Gad, “Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications: A Systematic Review,” *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 29, no. 5, pp. 2531–2561, Aug. 2022, doi: 10.1007/s11831-021-09694-4.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Permintaan Order

Kode Job	Tenggat Waktu	Order	Input Sheet	Ukuran		Warna	
				Gambar (cm)	Kertas (cm)	Depan	Belakang
1	10/02/2025	25000 pcs	5200 lembar	39,5 x 54,5	79 x 109	6	0
2	03/02/2025	10000 pcs	6200 lembar	72 x 71	ROLL 79	6	0
3	05/02/2025	10000 pcs	6200 lembar	72 x 71	ROLL 79	6	0
4	05/02/2025	10000 pcs	6200 lembar	72 x 71	ROLL 79	6	0
5	07/02/2025	100000 pcs	9400 lembar	79 x 54	79 x 109	5	0
6	03/02/2025	5000 pcs	5800 lembar	58 x 88	120 x 90	3	0
7	05/02/2025	35000 pcs	12900 lembar	78 x 36	79 x 109	6	0
8	11/02/2025	160000 pcs	17600 lembar	79 x 64,5	79 x 109	6	0
9	10/02/2025	10000 pcs	6000 lembar	36 x 78	109 x 79	2	0
10	18/02/2025	40000 pcs	7400 lembar	79 x 54,5	79 x 109	1	1
11	10/02/2025	50000 pcs	26200 lembar	60 x 88	120 x 90	3	0
12	20/02/2025	50000 pcs	13600 lembar	88 x 58	90 x 120	5	0
13	10/02/2025	10000 pcs	6200 lembar	85 x 52	90 x 120	6	0
14	21/02/2025	500000 pcs	35400 lembar	60 x 93,5	ROLL 120	4	0
15	05/02/2025	5000 pcs	5800 lembar	58 x 88	120 x 90	3	0
16	13/02/2025	50000 pcs	6800 lembar	45 x 54	90 x 120	1	0
17	11/02/2025	5000 pcs	5800 lembar	58 x 90	120 x 90	3	0
18	11/02/2025	50000 pcs	6800 lembar	45 x 54	90 x 120	1	0
19	27/02/2025	500000 pcs	35400 lembar	60 x 93,5	ROLL 120	4	0
20	20/02/2025	25000 pcs	5200 lembar	39,5 x 54,5	79 x 109	6	0
21	13/02/2025	10000 pcs	5800 lembar	73 x 54,5	79 x 109	6	0



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

22	21/02/2025	10000 pcs	2000 lembar	76 x 60	79 x 109	6	0
23	20/02/2025	10000 pcs	6000 lembar	36 x 78	109 x 79	2	0
24	14/02/2025	12000 pcs	3700 lembar	72 x 78	72 x 78	3	2
25	20/02/2025	5000 pcs	3400 lembar	73 x 54,5	79 x 109	6	0
26	18/02/2025	10000 pcs	6200 lembar	85 x 52	90 x 120	6	0
27	20/02/2025	50000 pcs	6800 lembar	45 x 54	90 x 120	1	0
28	20/02/2025	5000 pcs	2400 lembar	73 x 53	79 x 109	6	0

Lampiran 2 Tabel Spesifikasi Mesin

Kode Mesin	Proses	Nama Mesin	Jumlah Mesin	Spesifikasi Mesin	Waktu Set Up
M1	Pra-Cetak	ROLL-FED SHEET CUTTER	1	12000 sheet/jam	15 menit
M2	Pra-Cetak	MESIN POTONG NAGAI	1	5000 sheet/jam	15 menit
M3	Cetak	HEIDELBERG 6 COLOUR PLUS COATER OFFSET	1	10000 sheet/jam	15 menit
M4	Pasca Cetak	MESIN UV VARNIS	1	2000 sheet/jam	15 menit
M5	Pasca Cetak	LAMINATOR YII LEE TAIWAN ROC	1	2000 sheet/jam	15 menit
M6	Pasca Cetak	MESIN PUNCH VARIMATRIK	1	5000 sheet/jam	15 menit
M7	Pasca Cetak	MESIN DIECUT IJIMA	1	2000 sheet/jam	15 menit
M8	Pasca Cetak	ETERNA FOLDER GLUER - EFOLD1100 CLASS C6	1	10000 sheet/jam	15 menit
M9	Pasca Cetak	MESIN LEM JINYEU	1	12500 sheet/jam	15 menit

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Tabel Urutan Penggunaan Mesin

Kode Job	Penggunaan Mesin								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
1	-	1	2	-	-	3	-	4	-
2	1	2	3	4	5	-	6	-	-
3	-	1	2	4	3	-	5	-	-
4	-	1	2	-	3	-	4	-	-
5	-	-	1	-	-	2	-	3	-
6	1	2	3	-	-	4	-	-	-
7	-	-	1	-	-	2	-	3	-
8	-	1	2	-	-	3	-	-	-
9	-	-	1	-	-	3	-	-	2
10	-	-	1	-	-	2	-	-	3
11	-	1	2	-	-	3	-	-	4
12	1	-	2	3	-	4	-	-	-
13	1	2	3	-	-	4	-	-	5
14	1	2	3	-	-	5	4	-	-
15	1	-	2	-	-	3	-	-	-
16	1	-	2	-	-	-	-	3	-
17	1	2	3	-	-	4	-	-	-
18	-	-	1	-	-	2	-	3	-
19	1	2	3	-	-	4	-	-	-
20	-	-	1	-	-	2	-	3	-
21	-	1	2	-	3	-	4	-	-
22	-	-	1	-	-	2	-	-	-

23	-	-	1	-	-	-	-	-	2
24	-	-	1	-	-	2	-	3	-
25	-	1	2	3	4	-	5	-	-
26	1	2	3	-	-	4	-	-	5
27	1	2	3	-	-	4	-	5	-
28	-	1	2	3	-	4	-	-	-

Lampiran 4 Pseudocode HWOA

Pseudo-code Hybrid Whale Optimization Algorithm

Initialize a population of n random whales or search agents Apply LRV on each search agent to be mapped into a sequence

Solve the Scheduling problem with the number of the tardy job using NEH Choose about 1 search agents from the population and replace them with NEH Evaluate each search agent

X^* = the best search agent Find X^*

$t = 0$

while ($t < \text{maximum number of iterations}$)

for each search agent in the population Update a , A , C , l , and p

If ($p < 0,5$)

If ($|A| < 1$)

 Update the position of the current search agent by the equation (6)

else if ($|A| \geq 1$)

 Select a random search agent (X_{rand})

 Update the position of the current search agent by the equation (11)

end if

else if ($p \geq 0,5$)

 Update the position of the current search by the equation (10)

end if

end for

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Ensure no repeated values in the same search agent  $x^{t+1}$ 
Apply LRV on each search agent  $x^{t+1}$ 
for  $i = 0: 0.01 \times n$ 
    Perform swap mutation on the search agent  $x^{t+1}$ 
    if ( $\text{evaluate}(x^{t+1}) < \text{evaluate}(X^*)$ )
         $X^* = x^{t+1}$ 
    end if end for
Perform flip operation on a random search agent  $x_r$ 
for  $i = 0: 0.01 \times n$ 
    if ( $\text{evaluate}(x_r) < \text{evaluate}(X^*)$ )
         $X^* = x_r$ 
    end if end for
 $X^* = \text{Perform local search strategy on the best search agent } X^*$ 
Evaluate the search agent
Update  $X^*$  if there is a better solution in the population
 $t = t + 1$ 
end while
return *
  
```

Lampiran 5 Pseudocode PSO

PSO pseudocode

Input:

N – Swarm size
 D – Problem dimensionality
 T – Maximum number of iterations
 LB – Lower bound of the search space
 UB – Upper bound of the search space

Output:

$\mathbf{g}_{best}^t$ – the best position (solution) found so far

1: Start

2: Initialize the swarm randomly;

3: **for** $i = 1$ to N **do**

4: $\mathbf{v}_i^0 \leftarrow$ a random vector within $[LB, UB]^D$;

5: $\mathbf{x}_i^0 \leftarrow$ a random vector within $[LB, UB]^D$;

6: $\mathbf{p}_{best,i}^0 \leftarrow \mathbf{x}_i^0$;

7: **end for**

8: Apply Eq. (2) to find $\mathbf{g}_{best}^0$;

9: $t \leftarrow 1$;

10: **while** $t \leq T$ **do**

11: **for** $i = 1$ to N **do**

12: $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2 \leftarrow$ two independent vectors randomly generated from $[0, 1]^D$;

13: Apply Eq. (3);

14: Apply Eq. (4);

15: **if** $f(\mathbf{x}_i^t) < f(\mathbf{p}_{best,i}^{t-1})$ **then**

16: $f(\mathbf{p}_{best,i}^t) \leftarrow f(\mathbf{x}_i^t)$;

17: **end if**

18: **end for**

19: Apply Eq. (2) to find $\mathbf{g}_{best}^t$;

20: $t \leftarrow t + 1$;

21: **end while**

22: **End**

▷ Iterate through the swarm

▷ Initialize particles' velocity using a uniform distribution

▷ Initialize particles' positions using a uniform distribution

▷ Initialize $\mathbf{p}_{best}$ to its initial position

▷ Initialize $\mathbf{g}_{best}$ to position with the minimum fitness value

▷ Initialize first iteration number

▷ Iterate through the swarm

▷ Update particle's velocity

▷ Update particle's position

▷ If new solution is better than current personal best

▷ Update the best known position of the particle

▷ Update the swarm's overall best known position

▷ Maximum iteration number is reached or termination criterion is satisfied

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6 Tabel Perhitungan Waktu Proses Produksi PT. XYZ

Kode Job	Waktu Proses (Jam)									Total Waktu Proses (jam)
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
1		1,3	0,8			1,3		0,8		4,1
2	0,8	1,5	0,9	3,4	3,4		3,4			13,2
3		1,5	0,9	3,4	3,4		3,4			12,4
4		1,5	0,9		3,4		3,4			9,1
5			1,2			2,1		1,2		4,5
6	0,7	1,4	0,8			1,4				4,4
7			1,5			2,8		1,5		5,9
8		3,8	2,0			3,8				9,6
9			0,9			1,5			0,7	3,0
10			1,0			1,7			0,8	3,6
11		5,5	2,9			5,5			2,3	16,2
12	1,4		1,6	7,1		3,0				13,0
13	0,8	1,5	0,9			1,5			0,7	5,4
14	3,2	7,3	3,8			7,3	18,0			39,6
15	0,7		0,8			1,4				3,0
16	0,8		0,9					0,9		2,7
17	0,7	1,4	0,8			1,4				4,4
18			0,9			1,6		0,9		3,5
19	3,2	7,3	3,8			7,3				21,7
20			0,8			1,3		0,8		2,8
21		1,4	0,8		3,2		3,2			8,5
22			0,5			0,7				1,1
23			0,9						0,7	1,6

24			0,6		1,0		0,6		2,2
25		0,9	0,6	2,0	2,0		2,0		7,4
26	0,8	1,5	0,9		1,5		0,7		5,4
27	0,8	1,6	0,9		1,6		0,9		5,9
28		0,7	0,5	1,5	0,7				3,4

Lampiran 7 Tabel Perhitungan Makespan

Kode Job	Waktu Proses	M1		Waktu Proses	M2		Waktu Proses	M3		Waktu Proses	M4	
		Mulai	Selesai		Mulai	Selesai		Mulai	Selesai		Mulai	Selesai
1				1,3 jam	0	1,3 jam	0,8 jam	1,3 jam	2,1 jam			
2	0,8 jam	0	0,8 jam	1,5 jam	1,3 jam	2,8 jam	0,9 jam	2,8 jam	3,7 jam	3,4 jam	3,7 jam	7,0 jam
3				1,5 jam	2,8 jam	4,3 jam	0,9 jam	4,3 jam	5,1 jam	3,4 jam	13,7 jam	17,1 jam
4				1,5 jam	4,3 jam	5,8 jam	0,9 jam	5,8 jam	6,6 jam			
5							1,2 jam	6,6 jam	7,8 jam			
6	0,7 jam	0	0,7 jam	1,4 jam	5,8 jam	7,2 jam	0,8 jam	7,8 jam	8,7 jam			
7							1,5 jam	8,7 jam	10,2 jam			
8				3,8 jam	7,2 jam	10,9 jam	2,0 jam	10,9 jam	13,0 jam			
9							0,9 jam	13,0 jam	13,8 jam			
10							1,0 jam	13,8 jam	14,8 jam			
11				5,5 jam	10,9 jam	16,4 jam	2,9 jam	16,4 jam	19,3 jam			
12	1,4 jam	0,7 jam	2,1 jam				1,6 jam	19,3 jam	20,9 jam	7,1 jam	18,5 jam	25,6 jam
13	0,8 jam	2,1 jam	2,9 jam	1,5 jam	16,4 jam	17,9 jam	0,9 jam	20,9 jam	21,8 jam			
14	3,2 jam	2,9 jam	6,1 jam	7,3 jam	17,9 jam	25,3 jam	3,8 jam	25,3 jam	29,0 jam			
15	0,7 jam	6,1 jam	6,8 jam				0,8 jam	29,0 jam	29,9 jam			
16	0,8 jam	6,8 jam	7,6 jam				0,9 jam	29,9 jam	30,8 jam			

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

17	0,7 jam	7,6 jam	8,4 jam	1,4 jam	25,3 jam	26,7 jam	0,8 jam	30,8 jam	31,6 jam			
18							0,9 jam	31,6 jam	32,6 jam			
19	3,2 jam	8,4 jam	11,6 jam	7,3 jam	26,7 jam	34,0 jam	3,8 jam	34,0 jam	37,8 jam			
20							0,8 jam	37,8 jam	38,6 jam			
21				1,4 jam	34,0 jam	35,4 jam	0,8 jam	38,6 jam	39,4 jam			
22							0,5 jam	39,4 jam	39,8 jam			
23							0,9 jam	39,8 jam	40,7 jam			
24							0,6 jam	40,7 jam	41,3 jam			
25				0,9 jam	35,4 jam	36,3 jam	0,6 jam	41,3 jam	41,9 jam	2,0 jam	41,9 jam	43,8 jam
26	0,8 jam	11,6 jam	12,3 jam	1,5 jam	36,3 jam	37,8 jam	0,9 jam	41,9 jam	42,8 jam			
27	0,8 jam	12,3 jam	13,2 jam	1,6 jam	37,8 jam	39,4 jam	0,9 jam	42,8 jam	43,7 jam			
28				0,7 jam	39,4 jam	40,2 jam	0,5 jam	43,7 jam	44,2 jam	1,5 jam	44,2 jam	45,6 jam

Lanjutan Lampiran 7 Tabel Perhitungan Makespan

Kode Job	Waktu Proses	M5		Waktu Proses	M6		Waktu Proses	M7		Waktu Proses	M8	
		Mulai	Selesai		Mulai	Selesai		Mulai	Selesai		Mulai	Selesai
1				1,3 jam	2,1 jam	3,4 jam				0,8 jam	3,4 jam	4,1 jam
2	3,4 jam	7,0 jam	10,4 jam				3,4 jam	10,4 jam	13,7 jam			
3	3,4 jam	10,4 jam	13,7 jam				3,4 jam	17,1 jam	20,4 jam			
4	3,4 jam	13,7 jam	17,1 jam				3,4 jam	20,4 jam	23,8 jam			
5				2,1 jam	7,8 jam	10,0 jam				1,2 jam	10,0 jam	11,1 jam
6				1,4 jam	10,0 jam	11,4 jam						
7				2,8 jam	11,4 jam	14,2 jam				1,5 jam	14,2 jam	15,7 jam
8				3,8 jam	14,2 jam	18,0 jam						
9				1,5 jam	18,0 jam	19,4 jam						

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

No	Waktu	Waktu	Waktu	Waktu	Waktu	Waktu	Waktu
10		1,7 jam	19,4 jam	21,1 jam			
11		5,5 jam	21,1 jam	26,6 jam			
12		3,0 jam	26,6 jam	29,6 jam			
13		1,5 jam	29,6 jam	31,1 jam			
14		7,3 jam	47,1 jam	54,4 jam	18,0 jam	29,0 jam	47,0 jam
15		1,4 jam	31,1 jam	32,5 jam			
16						0,9 jam	30,8 jam
17		1,4 jam	32,5 jam	33,9 jam			31,7 jam
18		1,6 jam	33,9 jam	35,5 jam		0,9 jam	35,5 jam
19		7,3 jam	37,8 jam	45,1 jam			36,5 jam
20		1,3 jam	45,1 jam	46,4 jam		0,8 jam	46,4 jam
21	3,2 jam	39,4 jam	42,5 jam		3,2 jam	47,0 jam	50,1 jam
22		0,7 jam	46,4 jam	47,1 jam			
23							
24		1,0 jam	54,4 jam	55,4 jam		0,6 jam	55,4 jam
25	2,0 jam	43,8 jam	45,8 jam		2,0 jam	50,1 jam	52,1 jam
26		1,5 jam	55,4 jam	56,9 jam			
27		1,6 jam	56,9 jam	58,5 jam		0,9 jam	58,5 jam
28		0,7 jam	58,5 jam	59,2 jam			59,4 jam

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lanjutan Lampiran 7 Tabel Perhitungan Makespan

Kode Job	Waktu Proses	M9		Kode Job	Waktu Proses	M9	
		Mulai	Selesai			Mulai	Selesai
1				15			
2				16			
3				17			
4				18			
5				19			
6				20			
7				21			
8				22			
9	0,7 jam	13,8 jam	14,5 jam	23	0,7 jam	40,7 jam	41,4 jam
10	0,8 jam	21,1 jam	22,0 jam	24			
11	2,3 jam	26,6 jam	29,0 jam	25			
12				26	0,7 jam	56,9 jam	57,6 jam
13	0,7 jam	31,1 jam	31,8 jam	27			
14				28			
						Makespan	59,4 jam

Lampiran 8 Logbook Bimbingan Materi

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LOGBOOK

KEGIATAN BIMBINGAN MATERI

Nama : Nurapriilliana Dewi Sasminto
 NIM : 2106411001
 Judul Penelitian : Analisis Model Optimasi Penjadwalan Produksi dengan Hybrid Whale Optimization Algorithm dan Particle Swarm Optimization
 Nama Pembimbing : Dra. Wiwi Prastiwinarti, M.M.

TANGGAL	CATATAN BIMBINGAN	PARAF PEMBIMBING
31 Januari 2025	Diskusi mengenai topik skripsi	
23 April 2025	Pengajuan Bab 1	
30 April 2025	Pengajuan revisi Bab 1	
24 Mei 2025	Diskusi seminar nasional	
27 Mei 2025	Pengajuan artikel ilmiah	
30 Mei 2025	Revisi artikel ilmiah	
13 Juni 2025	Pengajuan Bab 2, 3, 4, dan 5	
18 Juni 2025	Pengajuan revisi Bab 2, 3, 4, dan 5	

Lampiran 9 Logbook Bimbingan Teknis

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

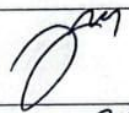
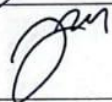
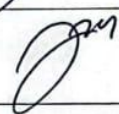
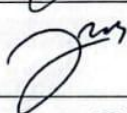
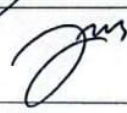
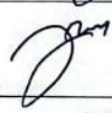
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LOGBOOK

KEGIATAN BIMBINGAN TEKNIS

Nama : Nurapriilliana Dewi Sasmino
 NIM : 2106411001
 Judul Penelitian : Analisis Model Optimasi Penjadwalan Produksi dengan Hybrid Whale Optimization Algorithm dan Particle Swarm Optimization
 Nama Pembimbing : Iqbal Yamin, S.T., M.T.

TANGGAL	CATATAN BIMBINGAN	PARAF PEBIMBING
10 Juni 2025	Bimbingan teknis Bab 1	
11 Juni 2025	Bimbingan teknis Bab 2	
13 Juni 2025	Bimbingan teknis Bab 3	
16 Juni 2025	Bimbingan teknis Bab 4	
17 Juni 2025	Bimbingan teknis Bab 5	
18 Juni 2025	Bimbingan teknis daftar Pustaka	
20 Juni 2025	Bimbingan teknis lampiran	
23 Juni 2025	Bimbingan teknis final	



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

RIWAYAT HIDUP



Saya bernama Nuraprilliana Dewi Sasmino, lahir di Jakarta pada tanggal 24 April 2003. Saya merupakan anak ke-4 dari pasangan Budi Sasmino dan Mirnawati. Saya menempuh pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Cibinong dan pendidikan menengah atas di SMAN 4 Cibinong. Selanjutnya saya melanjutkan Pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta.

