



**PENYELESAIAN MASALAH *HYBRID FLOWSHOP SCHEDULING* (HFS)
DENGAN ALGORITMA *MIGRATING BIRDS OPTIMIZATION* (MBO)**

SKRIPSI

Oleh:
Yona Eka Pratiwi
NIM 151810101008

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PENYELESAIAN MASALAH *HYBRID FLOWSHOP SCHEDULING* (HFS)
DENGAN ALGORITMA *MIGRATING BIRDS OPTIMIZATION* (MBO)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:
Yona Eka Pratiwi
NIM 151810101008

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim, Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Tak lupa puji syukur saya haturkan pada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umat-Nya ke jaman yang terang benderang ini. Skripsi ini saya persembahkan untuk orang-orang spesial, yaitu:

1. Orang tua saya yang selalu menjadi inspirasi dan penyemangat dalam menjalani kehidupan, Ayahanda Yoki Prayitno dan Ibunda Tutik Andriyani yang dengan sabar dan penuh kasih sayang membimbing saya hingga saat ini,
2. Adik saya Yoana Najwa Aprilia Zahra yang selalu menghibur, dan semua keluarga besar yang telah memberikan semangat dan motivasi untuk saya,
3. Semua guru-guru yang telah mendidik saya dari TK PG OLEAN, SDN 2 DAWUHAN, SMPN 1 SITUBONDO, SMAN 1 SITUBONDO yang telah memberikan ilmu serta pembelajaran hidup yang bermanfaat kepada saya,
4. Himatika “Geokompstat” yang telah memberikan banyak pengalaman organisasi dan juga mengajarkan berhubungan dengan pihak luar kepada saya,
5. Teman-teman SIGMA, dan semua pihak yang selama ini mendukung saya sehingga skripsi ini bisa terselesaikan,
6. Almamater tercinta Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

Bersikaplah kukuh seperti batu karang yang tidak putus-putus-nya dipukul ombak.
Ia tidak saja tetap berdiri kukuh, bahkan ia menenteramkan amarah ombak dan gelombang itu. *)

Bagian terbaik dari hidup seseorang adalah perbuatan-perbuatan baiknya dan kasihnya yang tidak diketahui orang lain. **)

Jangan jahat ke orang lain, orang lain jahat baikin aja ^_^

*) Marcus Aurelius

***) William Wordsworth

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Yona Eka Pratiwi

NIM : 15181010108

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penyelesaian Masalah *Hybrid Flowshop Scheduling* (HFS) dengan Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2019

Yang menyatakan,

Yona Eka Pratiwi

NIM. 151810101008

SKRIPSI

**PENYELESAIAN MASALAH *HYBRID
FLOWSHOP SCHEDULING (HFS)* DENGAN
ALGORITMA *MIGRATING BIRDS
OPTIMIZATION (MBO)***

Oleh

Yona Eka Pratiwi
NIM 151810101008

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Kusbudiono, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Abduh Riski, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penyelesaian Masalah *Hybrid Flowshop Scheduling* (HFS) dengan Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO)” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Kusbudiono, S.Si., M.Si.
NIP. 197704302005011001

Abduh Riski, S.Si., M.Si.
NIP. 199004062015041001

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.
NIP. 196610121993031001

Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si.
NIP. 197407192000121001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Penyelesaian Masalah *Hybrid Flowshop Scheduling* (HFS) dengan Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO); Yona Eka Pratiwi, 151810101008; 2019; 102 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penjadwalan adalah suatu kegiatan perancangan berupa pengalokasian sumber daya baik mesin maupun tenaga kerja yang terbatas untuk menjalankan sekumpulan tugas (*job*) sesuai prosesnya dalam jangka waktu tertentu. Masalah penjadwalan akan muncul ketika pada suatu tahap tertentu terdapat sejumlah pekerjaan yang harus terselesaikan dalam waktu bersamaan, namun dengan jumlah mesin terbatas sehingga dibutuhkan penjadwalan pekerjaan (*job*) yang nantinya didapat urutan pengerjaan paling optimal. Salah satu sistem penjadwalan produksi dalam bidang industri adalah sistem penjadwalan *Flowshop*.

Penjadwalan *Flowshop* adalah penjadwalan proses produksi dari masing-masing n *job* yang mempunyai urutan proses produksi dan melauhi m mesin yang sama. *Flowshop Scheduling Problem* yang paling sederhana adalah penjadwalan *Flowshop* pada lini produksi tunggal yang artinya hanya ada satu mesin untuk setiap tahapan operasinya. Sedangkan masalah yang timbul pada beberapa perusahaan adalah penjadwalan *Flowshop* pada lini produksi paralel, permasalahan ini termasuk dalam *Hybrid Flowshop Scheduling Problem* yaitu ada satu operasi atau lebih yang memiliki lebih dari satu mesin.

Hybrid Flowshop Scheduling merupakan salah satu penjadwalan *flowshop* yang kompleks tetapi sering digunakan pada saat ini. Pada penelitian ini akan diselesaikan permasalahan *Hybrid Flowshop Scheduling* menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO). *Migrating Birds Optimization* adalah algoritma metaheuristik yang terinspirasi oleh alam berdasarkan pada formasi berbentuk “V” dari burung yang bermigrasi, dan terbukti menjadi formasi yang efektif dalam penghematan energi.

Penelitian ini menyelesaikan masalah *Hybrid Flowshop Scheduling* dengan algoritma *Migrating Birds Optimization*. Data yang digunakan dalam penelitian ini

adalah data sekunder yang diambil dari PT Bella Agung Citra Mandiri, perusahaan tersebut merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan *spring bed* yang berlokasi di kota Sidoarjo. Data yang digunakan meliputi data barang, data permintaan, data waktu standar pengerjaan, data pekerjaan (*job*) dan data mesin. Data *Hybrid Flowshop* yang digunakan adalah data 5 *stage* dengan jumlah mesin yang berbeda yaitu 3, 1, 2, 3, 1 dan jumlah *job* terdiri dari 16 *job* dan 46 *job*.

Hasil penelitian yang diperoleh setelah melakukan percobaan sebagai berikut. Kekonvergenan dan *running time* dipengaruhi oleh parameter-parameter yang digunakan, sehingga relatif mempengaruhi terhadap hasil *makespan* urutan setiap *job*. Solusi optimal akan diperoleh secara cepat apabila populasi yang dibangkitkan (m) dalam jumlah besar, solusi tetangga yang dipertimbangkan (k) relatif besar, dan jumlah *sharing* (x) terkecil. Karena saat parameter *sharing* bernilai 1 maka solusi yang didapatkan semakin mendekati optimal. Tingkat kecepatan kekonvergenan algoritma *Migrating Birds Optimization* tidak dapat dipastikan karena terdapat proses *random* pada langkah penentuan solusi awal dan pencarian ketetanggaan (*swap*). *Makespan* terbaik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan data 5 *stage* 16 *job* pada 1000 iterasi dengan populasi sebanyak 75, solusi ketetanggaan 25 dan *sharing* 1 adalah 14066 detik dengan rata-rata waktu komputasi 943,689 detik; sedangkan untuk data 5 *stage* 46 *job* adalah 35312 detik dengan rata-rata waktu komputasi selama 2666,4037 detik. Berdasarkan hasil percobaan, nilai PD_A pada data 5 *stage* 46 *job* adalah 2,8605% yang artinya nilai *makespan* yang dihasilkan merupakan nilai yang optimal. Sedangkan nilai PD_A terburuk pada hasil penyelesaian data 5 *stage* 16 *job* yaitu 21,3109%, karena nilai *makespan* paling optimal masih bisa ditemukan pada parameter lain yang lebih besar. Menurut hasil ini, dapat dikatakan bahwa algoritma *Migrating Birds Optimization* efektif karena nilai yang dihasilkan lebih baik dari nilai *makespan* perusahaan.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala kuasa dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Penyelesaian Masalah *Hybrid Flowshop Scheduling* (HFS) dengan Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO)”. Penulisan tugas akhir ini dilakukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.

Pada kesempatan ini, dengan segala hormat penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Kusbudiono, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Abduh Riski, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing anggota.
2. Bapak Drs. Rusli Hidayat, M.Sc. selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji II.
3. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.
4. Keluarga yang telah memberikan semangat dan doa tulus ikhlas penuh kasih sayangnya.
5. Saudari Aina Nur Af'ida yang bersedia memberikan data percobaan untuk skripsi ini.
6. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan semangat.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran demi kesempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jember, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vi
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Definisi Penjadwalan	4
2.1.1 Elemen Penjadwalan.....	4
2.1.2 Tujuan Penjadwalan.....	4
2.2 Penjadwalan <i>Flowshop</i>	6
2.3 Penjadwalan <i>Hybrid Flowshop</i>	6
2.4 Diagram <i>Gantt</i>	8
2.5 <i>Lower Bound</i>	9
2.6 Algoritma <i>Migrating Birds Optimization</i> (MBO).....	10
2.7 Prosedur Algoritma <i>Migrating Birds Optimization</i> (MBO).....	11
2.7.1 Inisialisasi Populasi Awal.....	11
2.7.2 Lingkungan dan Pembagian Solusi.....	11

2.7.3 Kriteria Pemberhentian	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	14
3.1 Data Penelitian	14
3.2 Langkah-langkah Penelitian	14
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Penelitian	18
4.1.1 Langkah Perhitungan	18
4.1.2 Program	27
4.2 Simulasi Program dan Pembahasan	29
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Contoh data <i>Hybrid Flowshop</i>	8
Tabel 4.1 Data simulasi.....	18
Tabel 4.2 Urutan permutasi 5 <i>job</i>	19
Tabel 4.3 Nilai <i>makespan</i> solusi awal.....	22
Tabel 4.4 Hasil <i>makespan</i> S ₁ dengan solusi ketetanggannya.....	23
Tabel 4.5 Hasil <i>makespan</i> S ₂ dan S ₃ dengan solusi ketetanggannya	23
Tabel 4.6 Hasil <i>makespan</i> S ₂ dan S ₃ yang telah diurutkan	24
Tabel 4.7 Hasil <i>makespan</i> S ₄ dan S ₅ dengan solusi ketetanggannya	24
Tabel 4.8 Hasil <i>makespan</i> iterasi pertama.....	25
Tabel 4.9 Hasil <i>makespan</i> perbaruan solusi.....	26
Tabel 4.10 Uji Parameter data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> dan iterasi maksimum 500.....	29
Tabel 4.11 Uji Parameter data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> dan iterasi maksimum 1000.....	30
Tabel 4.12 Uji Parameter data 5 <i>stage</i> 46 <i>job</i> dan iterasi maksimum 500.....	31
Tabel 4.13 Uji Parameter data 5 <i>stage</i> 46 <i>job</i> dan iterasi maksimum 1000.....	32
Tabel 4.14 Simulasi Akhir Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> Iterasi Maksimum 1000.....	34
Tabel 4.15 Simulasi Akhir Data 5 <i>stage</i> 46 <i>job</i> Iterasi Maksimum 1000.....	34
Tabel 4.16 Hasil Akhir Data 5 <i>stage</i> 46 <i>job</i> Iterasi Maksimum 500.....	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Hybrid Flowshop Scheduling</i> (HFS)	7
Gambar 2.2 Contoh diagram <i>Gantt Hybrid Flowshop</i>	9
Gambar 2.3 Migrasi burung membentuk formasi “V”	11
Gambar 2.4 <i>Flowchart</i> dari algoritma <i>Migrating Birds Optimization</i>	13
Gambar 3.1 Skema langkah-langkah penelitian	17
Gambar 4.1 Formasi “V”	20
Gambar 4.2 Diagram <i>Gantt</i> urutan <i>job</i> 5-1-3-7-6-4-2	20
Gambar 4.3 Diagram <i>Gantt</i> urutan <i>job</i> 3-1-7-4-6-5-2	21
Gambar 4.4 Diagram <i>Gantt</i> urutan <i>job</i> 2-1-6-7-3-4-5	21
Gambar 4.5 Diagram <i>Gantt</i> urutan <i>job</i> 4-1-7-3-5-6-2	22
Gambar 4.6 Diagram <i>Gantt</i> urutan <i>job</i> 1-3-6-7-5-4-2	22
Gambar 4.7 Tampilan program algoritma <i>Migrating Birds Optimization</i>	27
Gambar 4.8 Tampilan program saat Proses	28
Gambar 4.9 Tampilan diagram <i>gantt</i> hasil.....	29
Gambar 4.10 Diagram <i>gantt</i> 5 stage 16 <i>job</i> hasil <i>makespan</i> perusahaan	35
Gambar 4.11 Diagram <i>gantt</i> 5 stage 16 <i>job</i> hasil <i>makespan</i> algoritma MBO	36
Gambar 4.12 Diagram <i>gantt</i> 5 stage 46 <i>job</i> hasil <i>makespan</i> perusahaan	38
Gambar 4.13 Diagram <i>gantt</i> 5 stage 46 <i>job</i> hasil <i>makespan</i> algoritma MBO	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A.1 Data Waktu Standar	44
A.2 Data Permintaan 16 <i>job</i>	45
A.3 Data Permintaan 46 <i>job</i>	45
A.4 Data Mesin	46
A.5 Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i>	47
A.6 Data 5 <i>stage</i> 46 <i>job</i>	47
B.1 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=5$, $x=1$, Iter=500).....	49
B.2 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=5$, $x=2$, Iter=500).....	49
B.3 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=15$, $x=1$, Iter=500).....	49
B.4 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=15$, $x=4$, Iter=500).....	50
B.5 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=15$, $x=7$, Iter=500).....	50
B.6 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=25$, $x=1$, Iter=500).....	50
B.7 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=25$, $x=4$, Iter=500).....	51
B.8 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=25$, $x=8$, Iter=500).....	51
B.9 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=5, $k=25$, $x=12$, Iter=500).....	52
B.10 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=5$, $x=1$, Iter=500).....	52
B.11 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=5$, $x=2$, Iter=500).....	52
B.12 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=15$, $x=1$, Iter=500).....	53
B.13 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=15$, $x=4$, Iter=500).....	53
B.14 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=15$, $x=7$, Iter=500).....	53
B.15 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=25$, $x=1$, Iter=500).....	54
B.16 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=25$, $x=4$, Iter=500).....	54
B.17 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=25$, $x=8$, Iter=500).....	55
B.18 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=15, $k=25$, $x=12$, Iter=500).....	55
B.19 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=25, $k=5$, $x=1$, Iter=500).....	55
B.20 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=25, $k=5$, $x=2$, Iter=500).....	56
B.21 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=25, $k=15$, $x=1$, Iter=500).....	56
B.22 Hasil Percobaan Data 5 <i>stage</i> 16 <i>job</i> (Pop=25, $k=15$, $x=4$, Iter=500).....	56

B.23 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=7, Iter=500).....	57
B.24 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=1, Iter=500).....	57
B.25 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=4, Iter=500).....	58
B.26 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=8, Iter=500).....	58
B.27 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=12, Iter=500).....	58
B.28 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=5, x=1, Iter=1000).....	59
B.29 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=5, x=2, Iter=1000).....	59
B.30 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=1, Iter=1000).....	59
B.31 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=4, Iter=1000).....	60
B.32 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=7, Iter=1000).....	60
B.33 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=1, Iter=1000).....	61
B.34 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=4, Iter=1000).....	61
B.35 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=8, Iter=1000).....	61
B.36 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=12, Iter=1000).....	62
B.37 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=5, x=1, Iter=1000).....	62
B.38 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=5, x=2, Iter=1000).....	62
B.39 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=1, Iter=1000).....	63
B.40 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=4, Iter=1000).....	63
B.41 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=7, Iter=1000).....	64
B.42 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=1, Iter=1000).....	64
B.43 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=4, Iter=1000).....	64
B.44 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=8, Iter=1000).....	65
B.45 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=12, Iter=1000)....	65
B.46 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=5, x=1, Iter=1000).....	65
B.47 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=5, x=2, Iter=1000).....	66
B.48 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=1, Iter=1000).....	66
B.49 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=4, Iter=1000).....	67
B.50 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=7, Iter=1000).....	67
B.51 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=1, Iter=1000).....	67
B.52 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=4, Iter=1000).....	68
B.53 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=8, Iter=1000).....	68

B.54 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=12, Iter=1000)....	68
B.55 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=5, x=1, Iter=500).....	69
B.56 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=5, x=2, Iter=500).....	69
B.57 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=1, Iter=500).....	70
B.58 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=4, Iter=500).....	70
B.59 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=7, Iter=500).....	70
B.60 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=1, Iter=500).....	71
B.61 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=4, Iter=500).....	71
B.62 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=8, Iter=500).....	71
B.63 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=12, Iter=500).....	72
B.64 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=5, x=1, Iter=500).....	72
B.65 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=5, x=2, Iter=500).....	73
B.66 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=1, Iter=500).....	73
B.67 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=4, Iter=500).....	73
B.68 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=7, Iter=500).....	74
B.69 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=1, Iter=500).....	74
B.70 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=4, Iter=500).....	74
B.71 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=8, Iter=500).....	75
B.72 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=12, Iter=500).....	75
B.73 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=5, x=1, Iter=500).....	76
B.74 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=5, x=2, Iter=500).....	76
B.75 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=1, Iter=500).....	76
B.76 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=4, Iter=500).....	77
B.77 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=7, Iter=500).....	77
B.78 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=1, Iter=500).....	77
B.79 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=4, Iter=500).....	78
B.80 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=8, Iter=500).....	78
B.81 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=12, Iter=500).....	79
B.82 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=5, x=1, Iter=1000).....	79
B.83 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=5, x=2, Iter=1000).....	79
B.84 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=15, x=1, Iter=1000).....	80

B.85 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=15, x=4, Iter=1000).....	80
B.86 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=15, x=7, Iter=1000).....	80
B.87 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=1, Iter=1000).....	81
B.88 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=4, Iter=1000).....	81
B.89 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=8, Iter=1000).....	82
B.90 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=12, Iter=1000).....	82
B.91 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=5, x=1, Iter=1000).....	82
B.92 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=5, x=2, Iter=1000).....	83
B.93 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=1, Iter=1000).....	83
B.94 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=4, Iter=1000).....	83
B.95 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=7, Iter=1000).....	84
B.96 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=1, Iter=1000).....	84
B.97 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=4, Iter=1000).....	85
B.98 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=8, Iter=1000).....	85
B.99 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=12, Iter=1000)....	85
B.100 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=5, x=1, Iter=1000)	86
B.101 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=5, x=2, Iter=1000).....	86
B.102 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=1, Iter=1000)....	86
B.103 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=4, Iter=1000)....	87
B.104 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=7, Iter=1000)....	87
B.105 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=1, Iter=1000)....	88
B.106 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=4, Iter=1000)....	88
B.107 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=8, Iter=1000)....	88
B.108 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=12, Iter=1000)..	89
C.1 Simulasi Akhir Data 5 stage 16 job.....	90
C.2 Simulasi Akhir Data 5 stage 46 job.....	90
C.3 Hasil Simulasi Akhir Data 5 stage 46 job	92
C.4 Diagram <i>gantt</i> 5 stage 16 job hasil <i>makespan</i> perusahaan.....	95
C.5 Diagram <i>gantt</i> 5 stage 16 job hasil <i>makespan</i> algoritma MBO	96
C.6 Diagram <i>gantt</i> 5 stage 16 job hasil <i>makespan</i> perusahaan.....	97
C.7 Diagram <i>gantt</i> 5 stage 16 job hasil <i>makespan</i> algoritma MBO	98

D.1 <i>Script</i> proses program	99
D.2 <i>Script</i> program untuk menghitung <i>makespan</i>	101
D.3 <i>Script</i> program untuk mengevaluasi nilai PD_A	101
D.4 <i>Script</i> program untuk menampilkan diagram <i>gantt</i>	102



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri pada masa ini berkembang semakin pesat seiring dengan kecanggihan teknologi yang semakin modern. Perkembangan tersebut mengakibatkan tingkat persaingan antar industri yang semakin ketat. Dengan adanya akibat ini perusahaan dituntut untuk memaksimalkan kinerja di berbagai bidang. Salah satunya yaitu dengan memenuhi permintaan pelanggan dengan ketepatan waktu yang telah disepakati. Aspek tersebut pasti berkaitan dengan sistem penjadwalan produksi.

Penjadwalan merupakan suatu proses pengalokasian sumber daya khususnya mesin yang terbatas untuk menyelesaikan sejumlah pekerjaan (*job*) berbeda. Penjadwalan berfungsi untuk mengoptimalkan waktu penyelesaian antara jumlah pekerjaan dan mesin agar dapat memenuhi target produksi, juga berfungsi sebagai alat pengambil keputusan. Perusahaan dapat menentukan sistem penjadwalan yang tepat sesuai dengan situasi persaingan dan strategi yang dijalankan. Salah satu sistem penjadwalan produksi dalam bidang industri adalah sistem penjadwalan *Flowshop*.

Penjadwalan *Flowshop* adalah penjadwalan proses produksi dari masing-masing n *job* yang mempunyai urutan proses produksi dan melalui m mesin yang sama (Baker, 1974). Penjadwalan *Flowshop* sendiri terdiri dari berbagai macam permasalahan sesuai dengan kondisi dan asumsi yang digunakan. *Flowshop Scheduling Problem* yang paling sederhana adalah penjadwalan *Flowshop* pada lini produksi tunggal yaitu hanya ada satu mesin untuk setiap tahapan operasinya. Sedangkan masalah yang sering timbul pada beberapa perusahaan adalah penjadwalan *Flowshop* pada lini produksi paralel, permasalahan ini termasuk dalam *Hybrid Flowshop Scheduling Problem* yaitu ada satu operasi atau lebih yang memiliki lebih dari satu mesin.

Hybrid Flowshop Scheduling (HFS) merupakan salah satu penjadwalan *flowshop* yang kompleks tetapi sering digunakan pada saat ini. HFS merupakan sebuah sistem yang terdiri atas berbagai tahapan (*stage*) proses produksi dan material

yang akan diproses dalam aliran yang searah dimana terdapat minimum satu tahapan (*stage*) yang memiliki mesin identik dan disusun secara paralel (Uetake *et al*, 1995). Dengan karakteristik ini, dapat dikatakan HFS merupakan kombinasi penggabungan antara karakteristik *Flowshop* dengan mesin paralel. Salah satu tujuan penting dalam penjadwalan yaitu untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi dengan meminimasi *makespan* untuk dapat memenuhi permintaan konsumen tepat waktu, maka dari itu perlu adanya solusi dengan membuat sebuah sistem penjadwalan yang efektif.

Dalam pengembangan ilmu matematika, metode optimasi untuk menyelesaikan *Hybrid Flowshop Scheduling* semakin berkembang. Beberapa algoritma yang dapat digunakan dalam penyelesaian penjadwalan *Hybrid Flowshop* diantaranya algoritma Genetika (AG), *Glowworm Swarm Optimization* (GSO), *Tabu Search* (TS), *Hybrid Tabu Search* (HTS), *Ant Colony*, *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan masih banyak metode-metode metaheuristik lainnya. Dalam pencarian solusi yang efisien dan komperhensif, metode metaheuristik menggunakan mekanisme yang meniru perilaku sosial ataupun strategi yang ada di alam. Meskipun tidak ada jaminan bahwa solusi yang ditemukan merupakan solusi yang optimal, menurut Hillier dan Lieberman (2010) metode metaheuristik yang dibangun dengan baik dapat memberikan solusi yang mendekati solusi optimal. Menurut Santosa dan Willy (2011), algoritma metaheuristik memiliki kecepatan pencarian solusi optimal yang lebih baik daripada metode tradisional. Metode ini merupakan metode untuk mencari solusi yang memadukan interaksi antara prosedur pencarian lokal dan strategi yang lebih tinggi untuk menciptakan proses yang akan selalu berusaha untuk keluar dari solusi *local optima*.

Pada masalah HFS ini banyak metode optimasi ataupun algoritma yang bisa digunakan selain yang telah disebutkan, salah satunya yaitu algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO). Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) ini terinspirasi dari burung yang bermigrasi membentuk formasi penerbangan “V”, yang dapat mengurangi konsumsi energi selama penerbangan. Menurut Duman *et al*. (2012), algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) merupakan algoritma metaheuristik baru yang mumpuni dalam penyelesaian masalah QAP (*Quadratic*

Assignment Problem). Duman *et al.* (2012), juga mengatakan untuk penelitian lebih lanjut algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi lain seperti permasalahan *knapsack* 0-1. Pradana (2018) telah berhasil meneliti masalah *knapsack* 0-1 dan diselesaikan dengan menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) dan genetika. Berkaitan dengan hal tersebut, penulis tertarik untuk menerapkan algoritma *Migrating Birds Optimization* pada masalah lainnya yaitu *Hybrid Flowshop Scheduling* untuk merepresentasikan keefektifan dan keefisienan dari algoritma *Migrating Birds Optimization* berdasarkan aspek *makespan* terkecil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan yang akan dibahas dalam proposal ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana menerapkan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) pada penjadwalan *Hybrid Flowshop* (HFS)?
- b. Bagaimana solusi yang diberikan oleh algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) pada penjadwalan *Hybrid Flowshop* (HFS)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan proposal ini adalah sebagai berikut:

- a. Menerapkan penjadwalan *Hybrid Flowshop* (HFS) dengan menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO).
- b. Mengetahui solusi yang diberikan oleh algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) pada penjadwalan *Hybrid Flowshop* (HFS).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan proposal ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendapatkan solusi yang optimal yaitu hasil penjadwalan dengan nilai *makespan* minimum.
- b. Dapat memberikan informasi mengenai algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) dan penjadwalan *Hybrid Flowshop* (HFS) bagi pembaca.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Penjadwalan

Penjadwalan didefinisikan sebagai rencana pengaturan urutan kerja serta pengalokasian sumber, baik waktu maupun fasilitas untuk setiap operasi yang harus diselesaikan (Vollman, 1998). Pengertian penjadwalan menurut Pinedo (2002) adalah proses pengambilan keputusan untuk menjalankan peran penting dalam bidang manufaktur dan industri servis. Suatu perusahaan memerlukan tahap penjadwalan untuk memaksimalkan pelayanan, yaitu dengan memproduksi produk sesuai dengan permintaan dan dapat diterima konsumen tepat waktu (Nurjanah *et al.*, 2015). Dari beberapa definisi yang telah disebutkan maka dapat ditarik satu definisi yaitu penjadwalan adalah suatu kegiatan perancangan berupa pengalokasian sumber daya baik mesin maupun tenaga kerja yang terbatas untuk menjalankan sekumpulan tugas sesuai prosesnya dalam jangka waktu tertentu.

Penjadwalan merupakan langkah awal untuk merencanakan keseluruhan proses produksi, karena penjadwalan merupakan kegiatan yang sangat penting dalam proses produksi. Masalah penjadwalan akan muncul ketika pada suatu tahap tertentu terdapat sejumlah pekerjaan yang harus terselesaikan dalam waktu yang bersamaan, namun jumlah mesin atau fasilitas produksi lainnya terbatas. Upaya yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah menjadwalkan beberapa pekerjaan tersebut sehingga nantinya didapat urutan pengerjaan yang paling optimal. Keputusan dalam suatu penjadwalan yang diartikan pada penugasan adalah berupa mengurutkan pekerjaan (*sequencing*) dan waktu (*timing*) untuk memulai pekerjaan, dimana untuk menentukan semuanya itu harus diketahui urutan operasinya terlebih dahulu.

2.1.1 Elemen Penjadwalan

Menurut Baker (1974), dalam proses produksi terdapat tiga elemen penjadwalan yaitu sebagai berikut:

a. *Job*

Job merupakan suatu pekerjaan yang harus diselesaikan untuk mendapatkan suatu produk. *Job* biasanya terdiri dari beberapa operasi yang harus dikerjakan (minimal 1 operasi). Manajemen melalui perencanaan yang telah dibuat atau berdasarkan permintaan pelanggan, memberikan *job* kepada pihak perusahaan untuk dikerjakan. Informasi yang dimiliki oleh suatu *job* ketika ke bagian operator biasanya adalah operasi-operasi yang harus dilakukan didalamnya.

b. Operasi

Operasi merupakan bagian proses dari *job*, untuk menyelesaikan suatu *job* dibutuhkan sebuah operasi pengerjaan. Operasi-operasi dalam *job* diurutkan dalam suatu urutan pengerjaan tertentu. Urutan tersebut ditentukan pada saat perencanaan proses. Suatu operasi baru dapat dikerjakan apabila operasi atau proses yang mendahuluinya sudah dikerjakan terlebih dahulu. Waktu proses adalah waktu pengerjaan yang diperlukan untuk melakukan operasi tersebut. Waktu operasi untuk suatu *job* biasanya telah diketahui sebelumnya dan mempunyai besaran tertentu. Waktu proses operasi ditampilkan juga dalam bentuk tabel yang dikenal dengan tabel waktu operasi.

c. Mesin

Mesin adalah sumber daya yang diperlukan untuk mengerjakan proses penyelesaian suatu *job*. Setiap mesin hanya dapat memproses satu tugas pada satu waktu.

2.1.2 Tujuan Penjadwalan

Menurut Baker (1997), secara umum tujuan penjadwalan adalah:

- a. Meningkatkan produktivitas mesin, yaitu dengan mengurangi waktu menganggur.
- b. Mengurangi persediaan barang setengah jadi dengan cara mengurangi jumlah rata-rata dari pekerjaan yang menunggu dalam antrian suatu mesin karena mesin terlalu sibuk.
- c. Mengurangi keterlambatan karena telah melampaui batas waktu dengan cara mengurangi maksimum keterlambatan dan jumlah pekerjaan terlambat.

- d. Mengurangi total semua waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua *job*.

2.2 Penjadwalan *Flowshop*

Penjadwalan *Flowshop* adalah penjadwalan proses produksi dari masing-masing n *job* yang mempunyai urutan proses produksi dan melalui m mesin yang sama (Baker 1974). Proses produksi dengan aliran *flowshop* merupakan model penjadwalan dimana *job-job* yang akan diproses seluruhnya mengalir pada arah atau jalur produk yang sama, biasanya dicirikan dengan adanya suatu aliran proses satu arah dan mesin yang disusun secara seri. Dengan kata lain, setiap *job* dapat diproses dengan urutan yang sama paling tidak pada satu mesin dan satu mesin dapat memproses paling banyak satu *job*.

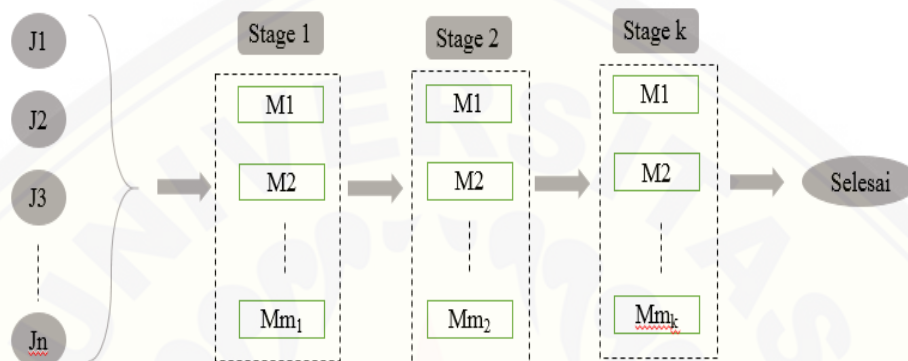
Pendesripsian model penjadwalan *Flowshop* menurut Hejazi dan Saghafian (2005) adalah seperangkat M mesin, $M = \{1, 2, \dots, m\}$ yang digunakan untuk memproses sejumlah N *job*, $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Setiap mesin hanya dapat memproses satu *job* pada waktu yang sama dan setiap *job* hanya diproses sekali saja pada setiap tahap. Penjadwalan *flowshop* dapat diselesaikan dengan mengembangkan permutasi urutan *job*. Dalam *flowshop*, *job* bersifat *independent*, memiliki *ready time* yang sama pada waktu ke nol, dan urutan mesin dari semua pekerjaan adalah sama dengan masing-masing waktu yang di perlukan. Menurut Nawas (1983), tujuan dari proses penjadwalan ini adalah untuk menghitung nilai *makespan* yang minimum atau total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sekumpulan *job*.

2.3 Penjadwalan *Hybrid Flowshop*

Hybrid Flowshop Scheduling (HFS) merupakan pengembangan dari masalah penjadwalan *flowshop* yang mempunyai mesin paralel di setiap tahapnya dan meningkat pada saat ini. *Hybrid Flowshop* adalah sebuah sistem yang terdiri atas berbagai tahapan (*stage*) proses produksi dan material yang akan diproses dalam aliran yang searah, dimana setidaknya terdapat satu *stage* dalam proses produksi yang memiliki mesin identik dan disusun secara paralel (Uetake *et al*, 1995).

Dengan hal ini, dapat dikatakan bahwa HFS merupakan kombinasi penggabungan antara penjadwalan *flowshop* dengan mesin paralel. Pada sistem *Flowshop*, produk mendatangi mesin dengan urutan tahap yang sama, dimana pada setiap tahap terdiri atas 1 buah mesin. Pada sistem HFS, setiap tahap dapat terdiri atas 1 atau lebih mesin identik (Serifoglu dan Ulusoy, 2004).

Misalkan diberikan ilustrasi seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi *Hybrid Flowshop Scheduling* (HFS)

Keterangan gambar 2.1:

n : banyaknya *job*

k : banyaknya *stage*

J_j : *Job* ke - J ($j = 1, 2, \dots, n$)

m_i : banyaknya mesin paralel yang sama untuk setiap *stage*-nya ($i = 1, 2, \dots, k$)

Pada permasalahan seperti pada Gambar 2.1 terdapat k *stage* dalam sebuah sistem dan setiap *stage* i terdiri dari m_i mesin yang identik. Semua *job* harus diproses pada *stage* 1, *stage* 2, sampai pada *stage* k . Tugas (*job*) j harus diproses secara serentak pada $size_{ij}$ mesin paralel yang identik pada *stage* i selama t_{ij} satuan waktu. Pada sembarang waktu setiap mesin dapat memproses hanya satu *job* dan prosesnya tidak dapat diganggu. Tujuannya adalah mencari urutan proses π untuk meminimumkan nilai *makespan* atau waktu penyelesaian maksimal, dimana:

t_{ij} : waktu proses *job* j pada *stage* i

$size_{ij}$: banyaknya mesin yang dibutuhkan untuk memproses *job* j pada *stage* i

C_{\max} : *makespan*

π : urutan proses dari *job*

2.4 Diagram Gantt

Diagram *Gantt* merupakan alat bantu yang digunakan dalam menyelesaikan masalah penjadwalan dengan set model yang sederhana dan umum digunakan secara luas. Diagram *Gantt* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1916 oleh Henry Laurence Gantt. Beberapa keuntungan dari menggunakan diagram *Gantt* adalah sebagai berikut:

- Dalam situasi keterbatasan sumber, penggunaan diagram Gantt memungkinkan evaluasi lebih awal mengenai penggunaan sumber daya seperti yang telah direncanakan.
- Kemajuan pekerjaan mudah diperiksa pada setiap waktu karena sudah tergambar dengan jelas.
- Semua pekerjaan diperlihatkan secara grafis dalam satu diagram yang mudah dipahami (Ginting, 2009).

Diagram *Gantt* merupakan grafik hubungan antara alokasi sumber daya dengan waktu. Pada sumbu vertikal digambarkan jenis sumber daya dan pada sumbu horizontal digambarkan satuan waktu. Misalkan diberikan data pada Tabel 2.1, dengan urutan job yaitu 1-2-3-4-5-6-7-8.

Tabel 2.1 Contoh data *Hybrid Flowshop*, (a) *Data stage*, (b) *Data job*

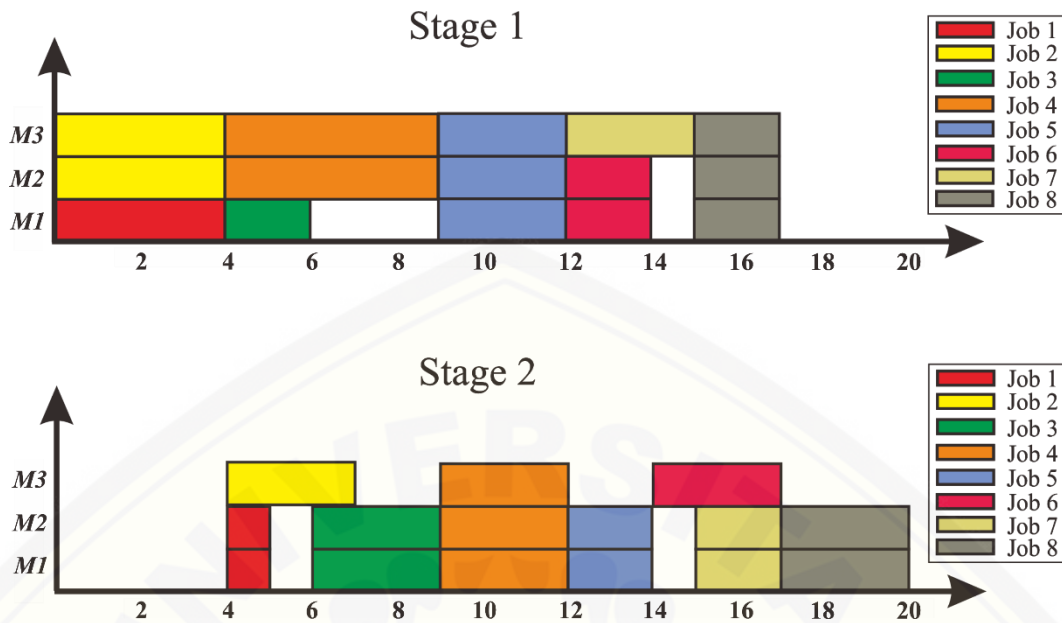
	<i>Stage 1</i>	<i>Stage 2</i>
Banyak Mesin	3	3

(a)

<i>Stage</i>	<i>Job</i>							
	1	2	3	4	5	6	7	8
t_{1j}	4	4	2	5	3	2	3	2
$size_{1j}$	1	2	1	2	3	2	1	3
t_{2j}	1	3	3	3	2	3	2	3
$size_{2j}$	2	1	2	3	2	1	2	2

(b)

didapatkan diagram *Gantt* pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Contoh diagram Gantt Hybrid Flowshop

2.5 Lower Bound

Evaluasi performasi dilakukan dengan mengujikan algoritma yang dihasilkan pada *benchmark problems*. Ketiadaan informasi mengenai nilai solusi optimal diakomodasi dengan penggunaan *Lower Bound* (LB), yaitu batas bawah (nilai minimum). *Lower Bound* dapat dicapai secara teoritis dari solusi untuk sebuah kasus. Kriteria yang umum digunakan pada masalah *Hybrid Flowshop Scheduling* adalah *makespan*. Nilai *Lower Bound* dihitung menggunakan persamaan (2.1).

$$LB = \max_{i=1, \dots, k} \left\{ \min_{j \in J} \left\{ \sum_{l=1}^{i-1} t_{lj} \right\} + \max \{ M_1(i), M_2(i) \} + \min_{j \in J} \left\{ \sum_{l=i+1}^k t_{lj} \right\} \right\} \quad (2.1)$$

dimana,

$$M_1(i) = \left\lceil \frac{1}{m_i} \sum_{j \in J} t_{ij} \cdot size_{ij} \right\rceil, \quad M_2(i) = \sum_{j \in A_i} t_{ij} + \left\lceil \frac{1}{m_i} \sum_{j \in B_i} t_{ij} \cdot size_{ij} \right\rceil$$

$$A_i = \left\{ j \mid size_{ij} > \frac{m_i}{2} \right\}, \quad B_i = \left\{ j \mid size_{ij} = \frac{m_i}{2} \right\}$$

Perbandingan antara *makespan* dan *Lower Bound* dilakukan dengan menghitung persentase deviasi atau *Percentage Deviation Algorithm* (PDA).

Perhitungan persentase deviasi adalah sebagai berikut:

$$PD_A(l) = 100 \% \times \frac{C_{\max}(l) - LB}{LB} \quad (2.2)$$

dimana l adalah percobaan yang dilakukan. Kemudian setelah dilakukan percobaan sebanyak L kali, dihitung *Average Percentage Deviation* (APD_A) menggunakan rumus:

$$APD_A = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L PD_A(l) \quad (2.3)$$

(Serifoglu dan Ulusoy, 2004).

2.6 Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO)

Migrating Birds Optimization (MBO) adalah algoritma metaheuristik yang terinspirasi oleh alam berdasarkan pada formasi berbentuk “V” dari burung yang bermigrasi, yang terbukti menjadi formasi yang efektif dalam penghematan energi. Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) pertama kali di kemukakan oleh Duman *et al* (2012). Semakin efisien tenaga yang digunakan, maka kawanan burung yang bermigrasi mampu menempuh jarak semakin jauh. Selain untuk efisiensi tenaga, formasi “V” juga membantu kawanan burung agar terhindar dari tabrakan antar sesama burung dalam satu kawanan.

Menurut Lissaman dan Schollenberger (1970), mekanisme kerja dari kawanan burung yang bermigrasi membentuk formasi “V” adalah sebagai berikut:

- a. Setiap kelompok dipimpin oleh satu pemimpin yang berada di bagian paling depan dari formasi. Pemimpin ini merupakan burung dengan kemampuan terbang yang terbaik. Tenaga yang dihabiskan oleh pemimpin formasi lebih besar daripada anggota lain yang berada di belakang.
- b. Ketika burung pemimpin formasi mengalami kelelahan, maka akan digantikan dengan burung yang berada disebelah kirinya. Burung pemimpin yang mengalami kelelahan akan bergeser kesebelah kanan paling belakang dari formasi kawanan.
- c. Setiap anggota dari kawanan burung akan menjadi pemimpin formasi setidaknya sebanyak satu kali.

Formasi burung bermigrasi membentuk “V” ini bisa dilihat pada Gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2.3 Migrasi burung membentuk formasi “V”

(Sumber : <https://kusalawa.wordpress.com/2014/05/10/belajar-dari-migrasi-burung-angsa/>)

2.7 Prosedur Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO)

Menurut Ulker *et al* (2017), pemecahan permasalahan optimasi menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) adalah sebagai berikut:

2.7.1 Inisialisasi Populasi Awal

Penetapan populasi awal pada algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) dilakukan secara acak. Setiap individu dalam populasi merupakan solusi di ruang pencarian nilai optimal dan memiliki solusi permutasi. Panjang permutasi sama dengan jumlah objek dan memiliki nilai yang berbeda (sesuai banyaknya job, misal $J_1, J_2, J_3, \dots, J_8$).

2.7.2 Lingkungan dan Pembagian Solusi

Solusi yang diperoleh ketika menerapkan algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) dipengaruhi faktor lingkungan. Faktor lingkungan disini merupakan solusi tetangga dari solusi utama yang direpresentasikan oleh kawan

burung di sebelah kanan atau kiri burung pemimpin. Penentuan atau penganalisisan hasil dari solusi tetangga dilakukan hingga iterasi menghasilkan nilai yang maksimal. Solusi tetangga terbaik yang sudah di dapatkan akan digukan untuk memperbaiki solusi saat ini. Sisa x solusi tetangga dibagikan dengan burung berikutnya. Solusi tetangga terbaik pada burung selain burung pemimpin akan dipakai dan solusi yang tersisa akan dibagikan ke burung berikutnya. Burung berikutnya yang dimaksud adalah burung lain yang berada dibelakang barisan. Jumlah solusi tetangga yang dibuat dan jumlah solusi tetangga bersama diberikan sebagai parameter dan parameter ini ditentukan sebagai berikut:

$$k \in \{3,5,7, \dots\} \quad (2.4)$$

$$x \in \{1,2,3, \dots, \frac{(k-1)}{2}\} \quad (2.5)$$

$$n = k - x \quad (2.6)$$

Keterangan:

n = jumlah solusi tetangga kecuali *sharing*

k = jumlah solusi tetangga yang harus dipertimbangkan

x = jumlah solusi tetangga untuk dibagikan dengan solusi berikutnya

K = batas iterasi maksimum

Pembangkitan solusi tetangga pada permasalahan *Hybrid Flowshop* dibantu dengan Metode *SWAP* atau yang sering dikenal *swapping permutation*. *Swapping* dilakukan dengan membangkitkan bilangan random i dan j . Bilangan random ini menunjukkan posisi i dan posisi j . Proses *swapping* ini bekerja dengan menukar *job* di posisi i dengan *job* di posisi j .

Posisi Awal:

2	4	1	8	3	7	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

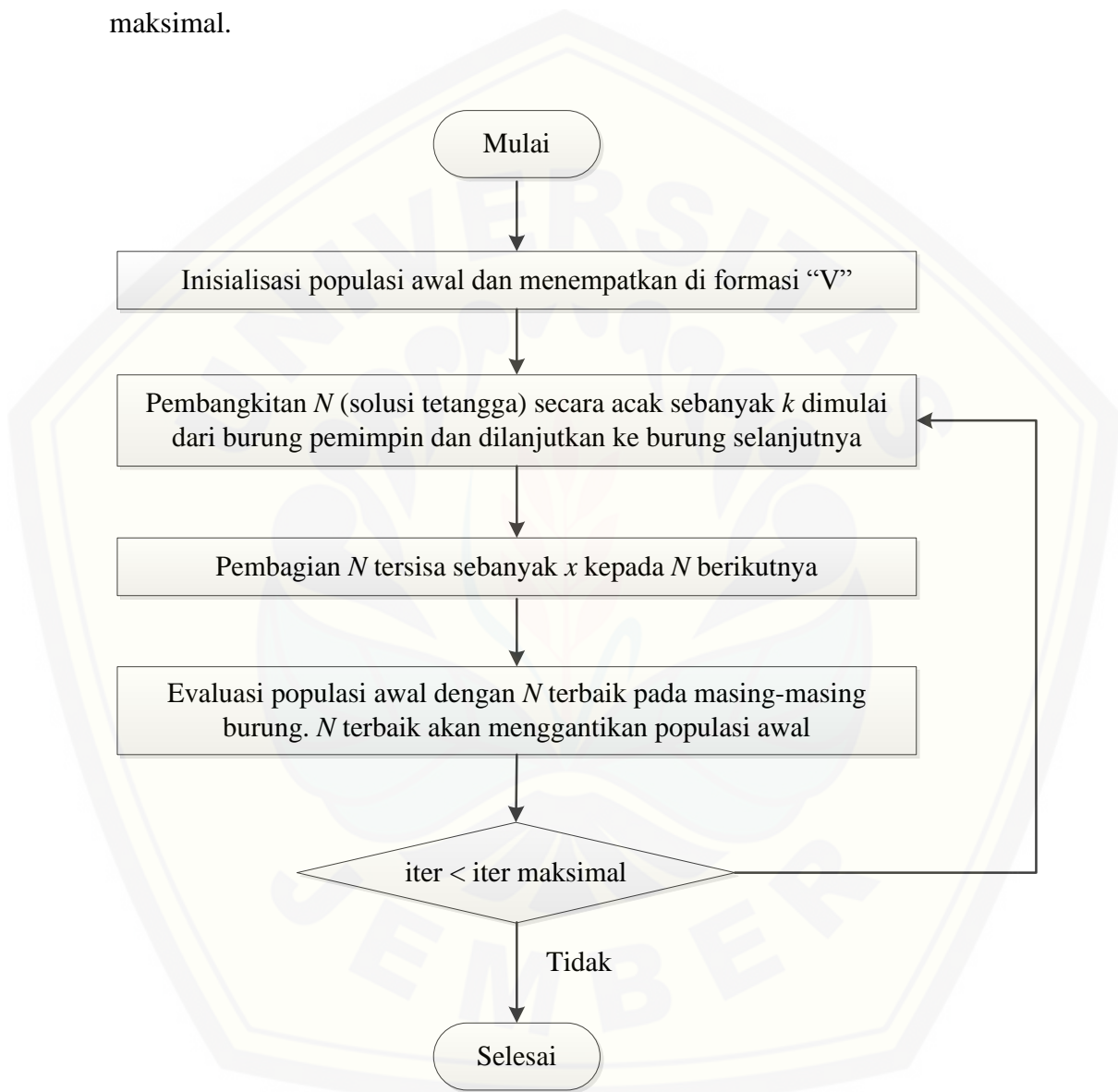
Posisi Acak : Job 3 dan Job 7

2	4	<u>5</u>	8	3	7	<u>1</u>	6
---	---	----------	---	---	---	----------	---

Proses *swapping* sendiri dilakukan sebanyak jumlah solusi tetangga yang harus dipertimbangkan (k).

2.7.3 Kriteria Pemberhentian

Proses iterasi akan terus berlangsung hingga kriteria pemberhentian terpenuhi (Ulker *et al.*, 2017). Kriteria pemberhentian pada algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) adalah iterasi yang dilakukan sudah mencapai iterasi maksimal.



Gambar 2.4 *Flowchart* dari algoritma *Migrating Birds Optimization*

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari PT. Bella Agung Citra Mandiri Kota Sidoarjo. Data-data tersebut merupakan data penjadwalan *Hybrid Flowshop*. PT. Bella Agung Citra Mandiri Sidoarjo merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan *spring bed* yang berlokasi di kota Sidoarjo. Perusahaan memproduksi kasur *spring bed* dengan berbagai macam jenis, warna dan ukuran. Data barang, permintaan, waktu standar, data pekerjaan (*job*) dan data mesin dapat dilihat pada Lampiran A.

3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengumpulkan literatur untuk mengetahui dan memahami algoritma *Migrating Birds Optimization* yang digunakan untuk permasalahan penjadwalan produksi khususnya *Hybrid Flowshop*. Hasil dari pengumpulan literatur adalah mendapatkan informasi mengenai langkah-langkah perhitungan menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization*.

b. Pengambilan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengambilan dan pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan penjadwalan produksi menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization* pada PT. Bella Agung Citra Mandiri. Data dan informasi yang didapat mengenai data umum perusahaan diantaranya mengenai departemen produksi yaitu mengatur jalannya proses produksi pada lantai produksi. Proses produksi dalam pembuatan kasur melalui beberapa stasiun kerja, yaitu :

- 1) Ram per
Proses perakitan per menjadi kerangka kasur menggunakan *automatic spring assembling machine*.
- 2) Klem per
Proses perekatan besi kotak untuk memperkuat kerangka kasur menggunakan Gun CI 73 dan Gun CI 75, dan menambahkan Z-Guard dan Busa pada setiap sudut kerangka kasur.
- 3) Tembak kasur
Proses perekatan busa dan *cotton sheet* menggunakan HR 22 dan Gun Hog Ring.
- 4) Jahit kasur
Proses pemotongan kain, penjahitan kain quilting, dan penjahitan lis pinggiran kasur menggunakan *corner machine*.
- 5) *Packing*
Proses pemberian label, fertilasi dan pembungkusan kasur dengan plastik mika menggunakan *roll tape*.

c. Penerapan algoritma

Pada tahap ini, algoritma *Migrating Birds Optimization* diterapkan pada permasalahan penjadwalan *Hybrid Flowshop*. Dalam melakukan penjadwalan produksi kasur, dibutuhkan data masukan diantaranya: data barang, data permintaan dan data waktu standar yang didapatkan dari perhitungan menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization*. Output yang dihasilkan berupa urutan *job* dan nilai *makespan*. Langkah yang akan dilakukan diantaranya adalah sebagai berikut :

- 1) Inisialisasi populasi awal
Inisialisasi populasi awal pada algoritma *Migrating Birds Optimization* untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan *Hybrid Flowshop* dilakukan dengan cara membangkitkan secara acak solusi awal berupa urutan *job* menghitung nilai *makespan* masing-masing *job*.
- 2) Lingkungan dan pembagian solusi

Solusi burung yang dibangkitkan secara acak akan digunakan sebagai solusi awal. Solusi awal tersebut akan dicari ketetanggaannya dengan cara *swap* sebanyak jumlah solusi ketetanggan (k) yang telah ditentukan.

3) Pengecekan kriteria pemberhentian dan memilih solusi terbaik.

Apabila pada solusi ketetanggan terdapat hasil *makespan* yang lebih kecil daripada burung awal pembangkitan, maka posisi tersebut akan digantikan dan sisanya di *sharing* kan dengan burung berikutnya. Langkah selanjutnya yaitu melanjutkan semua proses pengerjaan dari iterasi sebelumnya. Apabila iterasi telah mencapai iterasi maksimal, maka proses dihentikan dan solusi terbaik.

d. Pembuatan Program

Pembuatan program merupakan langkah pembuatan sarana pembantu yang berupa suatu aplikasi untuk menyelesaikan permasalahan. Pembuatan aplikasi ini dilakukan menggunakan *software* MATLAB.

e. Simulasi Program

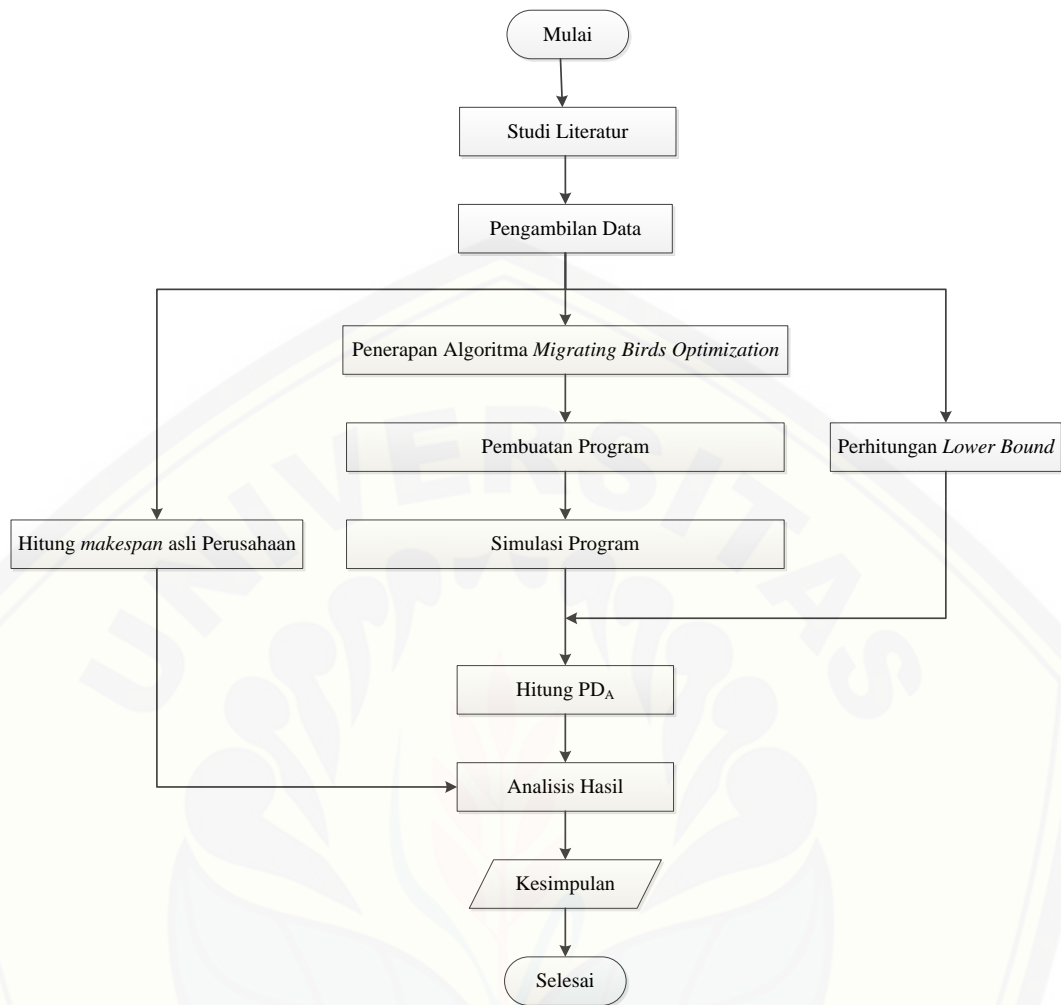
Pada tahap ini, program yang telah dibuat akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan data yang didapat pada langkah b. Simulasi program pada penelitian ini akan menguji 2 jenis data, yaitu data permintaan pelanggan terbanyak dan tersedikit pada perusahaan. Dengan rincian data terbanyak dengan jumlah 5 *stage* 46 *job*, dan 5 *stage* 16 *job*.

f. Analisis Hasil

Pada tahap ini, hasil dari masing-masing penjadwalan di setiap *stage* akan dibandingkan dengan *Lower Bound*, untuk mengetahui nilai PD_A . Semakin kecil nilai PD_A maka semakin optimal atau lebih efektif penjadwalan pada algoritma tersebut. Hasil penjadwalan program nantinya akan dibandingkan dengan hasil *makespan* urutan asli dari perusahaan.

g. Kesimpulan

Hasil dari langkah f akan ditarik kesimpulan yang akan menjawab rumusan masalah.



Gambar 3.1 Skema langkah-langkah penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

- a. Permasalahan *Hybrid Flowshop Scheduling* dapat diselesaikan menggunakan algoritma *Migrating Birds Optimization*. Solusi *makespan* diperoleh dengan input berupa data waktu (*time*), ukuran (*size*) dan data mesin di beberapa *stage*, dengan beberapa parameter yang dikombinasikan diantaranya populasi (m) = 5, 15, 25; solusi ketetangaan (k) = 5, 15, 25; nilai *sharing* (x) = 1, 2, 4, 7, 8, 12; dan maksimum iterasi = 500, 1000.
- b. Algoritma *Migrating Birds Optimization* dapat dikatakan efektif karena hasil yang diperoleh mendekati nilai optimal yang dilihat berdasarkan *Average Percentage Deviation* dan tingkat kekonvergenan yang dihasilkan tidak dapat dipastikan. *Makespan* terbaik yang didapat pada data 16 *job* 5 *stage* adalah 14066 detik, dan untuk data 46 *job* 5 *stage* adalah 35258 detik. Ditemukan *makespan* terbaik untuk data 16 *job* 5 *stage* pada parameter populasi (m) = 75; solusi ketetangaan (k) = 25; nilai *sharing* (x) = 1; i_{max} = 1000; sedangkan untuk data 16 *job* 5 *stage* pada parameter populasi (m) = 125; solusi ketetangaan (k) = 75; nilai *sharing* (x) = 1; i_{max} = 500.

5.2 Saran

Masalah *Hybrid Flowshop Scheduling* merupakan permasalahan optimasi yang dapat dikerjakan dengan berbagai macam metode dan algoritma. Peneliti selanjutnya dapat menerapkan algoritma metaheuristik lainnya dan membandingkan hasil dari masing-masing algoritma tersebut, sehingga didapat hasil yang paling optimal untuk masalah *Hybrid Flowshop Scheduling*. Selain itu, algoritma *Migrating Birds Optimization* dapat diterapkan pada permasalahan optimasi lain seperti *Job Shop*, *Travelling Salesman Problem*, *Vehicle Routing Problem* dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K. 1997. *Introduction to Sequencing And Scheduling*. New York: John Wiley dan Sons, Inc.
- Duman, E., Uysal, M., dan Alkaya, A.F. 2012. Migrating Birds Optimization: a new metaheuristic approach and its performance on quadratic assignment problem. *Information Science*.
- Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hejazi, S. R. dan Saghafian, S. 2005. Flowshop-Scheduling Problems with Makespan Criterion: A Review. *International Journal of Production Research*.
- Hillier, F. S. dan Lieberman G. J. 2010. *Introduction to Operations Research : Ninth edition*. Stanford University.
- Kusalawa. 2014. Belajar dari Migrasi Burung Angsa. <https://kusalawa.wordpress.com/2014/05/10/belajar-dari-migrasi-burung-angsa/>. [Diakses pada 19 Mei 2018]
- Lissaman, P. B., dan Schollenberger, C. A. 1970. Formation flight of birds. *Science*.
- Nawas, M. 1983. A heuristic algorithm for the m -machine, n -job, flow-shop sequencing Problem. *Journal Omega*.
- Nurjanah, W. D., K. A. Santoso, dan A. Kamsyakawuni. 2015. Penerapan Algoritma Genetika dan Algoritma Simulated Annealing pada Penjadwalan Flowshop. *Unej Jurnal*.
- Pinedo, M. 2002. *Scheduling Theory, Algorithms, and Systems*. 2nd. New Jersey: Prentice Hall.
- Pradana, A. R. 2018. Penerapan Algoritma Genetika dan Algoritma *Migrating Birds Optimization* (MBO) pada Permasalahan *knapsack* 0-1. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.
- Serifoglu, F.S. dan Ulusoy, G. 2004. Multiprocessor Task Scheduling in Multistage Hybrid Flow Shop: A Genetic Algorithm Approach. *Journal of Operational Research Society*.
- Santosa, B dan Willy, P. 2011. *Metoda Metaheuristik: Konsep dan Implementasi*. Surabaya: Guna Widya.

Uetake, T., Tsubone, H. dan Ohba, M. 1995. A Production Scheduling System in A Hybrid Flow Shop. *International Journal of Production Economics*.

Ulker, E., dan Tongur, V. 2017. Migrating birds optimization (MBO) algorithm to solve knapsack problem. *Procedia Computer Science*.

Vollman, T. E., Whybark, dan W. Lea Berry. 1998. *Manufacturing Planning & Control System*. 4th Edition. New York: McGraw-Hill Trade.



LAMPIRAN

Lampiran A. Data Penelitian

A.1 Data Waktu Standar

Stasiun Kerja	Ukuran	Waktu Standar
Ram Per	90 × 200	279
	100 × 200	312
	120 × 200	382
	140 × 200	453
	150 × 200	487
	160 × 200	522
	180 × 200	597
Klem Per	90 × 200	271
	100 × 200	279
	120 × 200	296
	140 × 200	312
	150 × 200	326
	160 × 200	328
	180 × 200	344
Tembak Kasur	90 × 200	505
	100 × 200	511
	120 × 200	531
	140 × 200	551
	150 × 200	564
	160 × 200	570
	180 × 200	577
Jahit Kasur	Kasur, kasur living, gold paedic, deluxe, darling	
	90 × 200	535
	100 × 200	562
	120 × 200	588
	140 × 200	614
	150 × 200	631
	160 × 200	640
	180 × 200	666
	Kasur single, platinum, spring latex	
	90 × 200	692
100 × 200	745	
120 × 200	795	
140 × 200	846	
150 × 200	875	
160 × 200	858	
180 × 200	947	
<i>Packing</i>		103

A.2 Data Permintaan 16 *job*

Nama Barang	Ukuran	Warna	Total
Kasur	120 × 200	Cream	5
		Coklat	5
	160 × 200	Apricot	1
		Cream	1
		M Tua	1
		B Tua	1
	140 × 200	B Tua	1
		Apricot	5
	150 × 200	Cream	1
	90 × 200	Apricot	4
180 × 200	Apricot	2	
Kasur Platinum	160 × 200	Cream	1
Kasur Spring Latex	140 × 200	Litz	1
Kasur Single	160 × 200	Ckt Ast	1
		Hitam Aster	1
	180 × 200	Cream	1

A.3 Data Permintaan 46 *job*

Nama Barang	Ukuran	Warna	Total
Kasur	120 × 200	M Tua	1
		Cream	3
	160 × 200	M Tua	4
		B Tua	3
		Apricot	2
		Hitam Aster	2
		Ckt Aster	2
		Hitam Aster	1
	140 × 200	Ckt Aster	1
	90 × 200	M Tua	1
	180 × 200	Cream	1
	150 × 200	M Tua	2
		B Tua	1
	Kasur Darling	120 × 200	Coklat
Kasur Deluxe	160 × 200	Rigel 13 Abu	1
	180 × 200	Orbit	1
		Cream	1
Kasur Platinum	160 × 200	Cream	1
	180 × 200	Cream	1
Kasur Spring Latex	160 × 200	Litz	1
Kasur Living		Cream	1

Nama Barang	Ukuran	Warna	Total
		M Tua	5
	120 × 200	Coklat	5
		B Tua	4
		M Tua	1
	160 × 200	Coklat	2
		B Tua	1
	150 × 200	M Tua	1
		B Tua	1
	140 × 200	Coklat	1
	90 × 200	Coklat	1
	180 × 200	Coklat	1
Kasur Gold Paedic	160 × 200	Cream	1
Kasur Single	120 × 200	M Tua	1
		Cream	3
		Ckt Aster	1
		M Tua	5
	160 × 200	Coklat	7
		B Tua	6
		Litz	3
		Apricot	10
		Hitam Aster	1
		M Tua	1
	140 × 200	Coklat	2
		B Tua	2
	180 × 200	B Tua	1

A.4 Data Mesin

	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5
Banyak Mesin	3	1	2	3	1

A.5 Data 5 stage 16 job

Stage	Job															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
t_{1j}	1910	1910	487	487	487	487	453	2265	487	1116	1194	522	453	522	522	597
size $_{1j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{2j}	1480	1480	326	326	326	326	312	1560	326	1084	688	328	312	328	328	344
size $_{2j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{3j}	2655	2655	564	564	564	564	551	2755	564	2020	1154	570	551	570	570	577
size $_{3j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{4j}	2940	2940	631	631	631	631	614	3070	631	2140	1332	858	846	858	858	947
size $_{4j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{5j}	515	515	103	103	103	103	103	515	103	412	206	103	103	103	103	103
size $_{5j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A.6 Data 5 stage 46 job

Stage	Job															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
t_{1j}	382	1566	2088	1566	1044	1044	1044	453	453	279	597	974	487	1910	522	522
size $_{1j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{2j}	296	984	1312	984	656	656	656	312	312	271	344	652	326	1480	328	328
size $_{2j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{3j}	531	1710	2280	1710	1140	1140	1140	551	551	505	577	1128	564	2655	570	570
size $_{3j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{4j}	588	1920	2560	1920	1280	1280	1280	614	614	535	666	1262	631	2940	640	640
size $_{4j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{5j}	103	309	412	309	206	206	206	103	103	103	103	206	103	515	103	103
size $_{5j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

<i>Stage</i>	<i>Job</i>															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
t_{1j}	597	522	597	522	382	1910	1910	1528	522	1044	522	487	487	453	279	597
$size_{1j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{2j}	344	328	344	328	296	1480	1480	1184	328	656	328	326	326	312	271	344
$size_{2j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{3j}	577	570	577	570	531	2655	2655	2124	570	1140	570	564	564	551	505	577
$size_{3j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{4j}	666	858	947	858	588	2940	2940	2352	640	1280	640	631	631	614	535	666
$size_{4j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{5j}	103	103	103	103	103	515	515	412	103	206	103	103	103	103	103	103
$size_{5j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

<i>Stage</i>	<i>Job</i>													
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
t_{1j}	522	382	1566	522	2610	3654	3132	1566	5220	522	453	906	906	597
$size_{1j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{2j}	328	296	984	328	1640	2296	1968	984	3280	328	312	624	624	344
$size_{2j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{3j}	570	531	1710	570	2850	3990	3420	1710	5700	570	551	1102	1102	344
$size_{3j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{4j}	640	795	2574	858	4290	6006	5148	2574	8580	858	846	1692	1692	947
$size_{4j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t_{5j}	103	103	309	103	515	721	618	309	1030	103	103	206	206	103
$size_{5j}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Lampiran B. Hasil Percobaan

B.1 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=5, x=1, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14180	0	3	56	20	83	21,2538
2	14294	0	3	58	14	13	17,7066
3	14131	0	3	55	31	60	22,1916
4	14066	0	3	54	26	15	21,7719
5	14066	0	3	54	26	32	20,1443
6	14403	0	4	0	3	44	19,7517
7	14066	0	3	54	26	84	20,394
8	14212	0	3	56	52	5	21,3932
9	14066	0	3	54	26	79	20,0344
10	14172	0	3	56	12	52	21,1142
Rata-rata	14165,6	0	3	56	5,6	46,7	20,57557

B.2 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=5, x=2, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14298	0	3	58	18	85	16,8453
2	14172	0	3	56	12	99	18,3009
3	14212	0	3	56	52	20	18,1738
4	14066	0	3	54	26	110	18,2538
5	14180	0	3	56	20	177	17,8769
6	14510	0	4	1	50	35	18,1435
7	14066	0	3	54	26	43	18,5637
8	14180	0	3	56	20	54	18,1261
9	14066	0	3	54	26	17	18,8167
10	14212	0	3	56	52	53	18,1419
Rata-rata	14196,2	0	3	56	36,2	69,3	18,12426

B.3 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=1, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14172	0	3	56	12	23	33,176
2	14180	0	3	56	20	15	34,4755
3	14126	0	3	55	26	29	33,2994
4	14275	0	3	57	55	13	34,7698
5	14066	0	3	54	26	10	33,2539
6	14212	0	3	56	52	8	33,6425
7	14172	0	3	56	12	23	34,0175

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
8	14172	0	3	56	12	15	33,8621
9	14294	0	3	58	14	8	34,0488
10	14126	0	3	55	26	3	33,3144
Rata-rata	14179,5	0	3	56	19,5	14,7	33,78599

B.4 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14403	0	4	0	3	18	29,5068
2	14180	0	3	56	20	12	31,6427
3	14126	0	3	55	26	11	30,8771
4	14374	0	3	59	34	5	30,5171
5	14403	0	4	0	3	20	31,6464
6	14066	0	3	54	26	12	29,9078
7	14186	0	3	56	26	13	30,6423
8	14066	0	3	54	26	13	31,6279
9	14066	0	3	54	26	13	31,3942
10	14180	0	3	56	20	28	31,7986
Rata-rata	14205	0	3	56	45	14,5	30,95609

B.5 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=7, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14172	0	3	56	12	28	23,6113
2	14452	0	4	0	52	6	23,9667
3	14403	0	4	0	3	11	24,6282
4	14395	0	3	59	55	15	24,9676
5	14066	0	3	54	26	48	25,814
6	14066	0	3	54	26	43	28,0504
7	14066	0	3	54	26	10	31,9591
8	14510	0	4	1	50	30	32,4085
9	14294	0	3	58	14	20	30,7485
10	14403	0	4	0	3	10	32,8186
Rata-rata	14282,7	0	3	58	2,7	22,1	27,89729

B.6 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	10	42,3152
2	14180	0	3	56	20	13	51,9246

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
3	14180	0	3	56	20	11	52,2537
4	14172	0	3	56	12	29	43,9147
5	14294	0	3	58	14	6	43,0124
6	14191	0	3	56	31	11	43,1406
7	14066	0	3	54	26	5	43,2029
8	14066	0	3	54	26	5	43,2594
9	14066	0	3	54	26	23	43,4937
10	14131	0	3	55	31	3	42,7714
Rata-rata	14141,2	0	3	55	41,2	11,6	44,92886

B.7 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14172	0	3	56	12	4	42,287
2	14066	0	3	54	26	28	39,707
3	14172	0	3	56	12	13	39,7989
4	14403	0	4	0	3	17	40,2526
5	14131	0	3	55	31	10	40,6428
6	14305	0	3	58	25	34	40,1423
7	14172	0	3	56	12	13	40,3454
8	14066	0	3	54	26	14	40,3143
9	14066	0	3	54	26	9	40,3617
10	14126	0	3	55	26	15	40,5014
Rata-rata	14167,9	0	3	56	7,9	15,7	40,43534

B.8 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=8, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14180	0	3	56	20	8	37,5484
2	14107	0	3	55	7	17	38,2201
3	14592	0	4	3	12	7	34,6893
4	14066	0	3	54	26	11	34,1892
5	14066	0	3	54	26	9	34,2829
6	14066	0	3	54	26	11	34,1261
7	14066	0	3	54	26	15	34,8918
8	14191	0	3	56	31	10	33,9704
9	14403	0	4	0	3	18	35,3918
10	14191	0	3	56	31	10	34,2041
Rata-rata	14192,8	0	3	56	32,8	11,6	35,15141

B.9 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, $k=25$, $x=12$, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	9	36,4835
2	14172	0	3	56	12	7	51,9134
3	14066	0	3	54	26	14	37,049
4	14126	0	3	55	26	10	36,3308
5	14066	0	3	54	26	13	36,4395
6	14126	0	3	55	26	20	35,9089
7	14307	0	3	58	27	21	36,7075
8	14403	0	4	0	3	17	36,8925
9	14126	0	3	55	26	9	35,2045
10	14212	0	3	56	52	6	34,6265
Rata-rata	14167	0	3	56	7	12,6	37,75561

B.10 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, $k=5$, $x=1$, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	54	35,3026
2	14066	0	3	54	26	40	35,4098
3	14180	0	3	56	20	50	27,2379
4	14066	0	3	54	26	55	34,5486
5	14126	0	3	55	26	16	28,6915
6	14066	0	3	54	26	32	27,972
7	14066	0	3	54	26	43	28,1734
8	14066	0	3	54	26	60	27,0346
9	14126	0	3	55	26	22	28,548
10	14066	0	3	54	26	42	26,8309
Rata-rata	14089,4	0	3	54	49,4	41,4	29,97493

B.11 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, $k=5$, $x=2$, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	11	25,0797
2	14066	0	3	54	26	92	25,2979
3	14126	0	3	55	26	61	25,5478
4	14180	0	3	56	20	29	26,0017
5	14172	0	3	56	12	144	26,1211
6	14172	0	3	56	12	75	28,5061
7	14126	0	3	55	26	17	27,5181
8	14066	0	3	54	26	45	28,814

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	14066	0	3	54	26	29	28,6416
10	14066	0	3	54	26	38	35,0022
Rata-rata	14110,6	0	3	55	10,6	54,1	27,65302

B.12 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	16	67,6715
2	14066	0	3	54	26	13	67,1676
3	14172	0	3	56	12	16	65,8289
4	14126	0	3	55	26	11	64,6271
5	14066	0	3	54	26	11	64,5537
6	14066	0	3	54	26	34	64,9125
7	14066	0	3	54	26	52	64,1786
8	14066	0	3	54	26	16	64,4349
9	14066	0	3	54	26	25	64,957
10	14066	0	3	54	26	16	64,4051
Rata-rata	14082,6	0	3	54	42,6	21	65,27369

B.13 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	4	72,652
2	14066	0	3	54	26	17	71,9979
3	14172	0	3	56	12	28	56,2566
4	14117	0	3	55	17	13	56,4169
5	14066	0	3	54	26	17	56,7361
6	14066	0	3	54	26	17	56,6111
7	14066	0	3	54	26	12	56,7671
8	14066	0	3	54	26	36	57,5018
9	14126	0	3	55	26	7	58,1736
10	14066	0	3	54	26	30	57,5486
Rata-rata	14087,7	0	3	54	47,7	18,1	60,06617

B.14 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=7, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	21	49,3923
2	14066	0	3	54	26	10	48,5184
3	14126	0	3	55	26	6	48,2208

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	14172	0	3	56	12	14	49,0179
5	14066	0	3	54	26	26	49,9179
6	14066	0	3	54	26	24	49,4683
7	14172	0	3	56	12	29	49,611
8	14172	0	3	56	12	10	46,7519
9	14066	0	3	54	26	15	48,629
10	14066	0	3	54	26	60	49,2828
Rata-rata	14103,8	0	3	55	3,8	21,5	48,88103

B.15 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	8	123,2712
2	14066	0	3	54	26	6	104,3625
3	14126	0	3	55	26	12	104,5542
4	14172	0	3	56	12	12	102,8334
5	14066	0	3	54	26	10	104,0028
6	14066	0	3	54	26	6	104,0962
7	14066	0	3	54	26	14	104,6897
8	14066	0	3	54	26	22	104,1904
9	14066	0	3	54	26	9	104,5961
10	14066	0	3	54	26	7	104,3313
Rata-rata	14082,6	0	3	54	42,6	10,6	106,0928

B.16 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	3	88,9087
2	14172	0	3	56	12	14	124,5813
3	14126	0	3	55	26	14	115,2848
4	14066	0	3	54	26	17	118,8321
5	14066	0	3	54	26	10	93,7851
6	14212	0	3	56	52	12	94,0806
7	14066	0	3	54	26	11	92,6767
8	14066	0	3	54	26	21	95,4722
9	14126	0	3	55	26	13	95,0727
10	14180	0	3	56	20	12	91,6118
Rata-rata	14114,6	0	3	55	14,6	12,7	101,0306

B.17 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=8, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14592	0	4	3	12	5	84,5035
2	14066	0	3	54	26	13	83,3477
3	14066	0	3	54	26	7	83,5501
4	14126	0	3	55	26	17	80,9638
5	14066	0	3	54	26	14	81,5186
6	14370	0	3	59	30	16	99,2369
7	14126	0	3	55	26	5	110,2065
8	14066	0	3	54	26	10	90,9767
9	14066	0	3	54	26	9	83,6739
10	14066	0	3	54	26	21	82,5826
Rata-rata	14161	0	3	56	1	11,7	88,05603

B.18 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=12, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14294	0	3	58	14	7	64,9246
2	14066	0	3	54	26	6	68,3614
3	14066	0	3	54	26	22	63,2672
4	14066	0	3	54	26	20	65,9559
5	14066	0	3	54	26	20	65,1583
6	14066	0	3	54	26	4	66,4108
7	14410	0	4	0	10	6	65,9096
8	14126	0	3	55	26	18	64,0329
9	14066	0	3	54	26	16	65,1735
10	14066	0	3	54	26	25	65,1988
Rata-rata	14129,2	0	3	55	29,2	14,4	65,4393

B.19 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=5, x=1, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	22	37,8279
2	14066	0	3	54	26	24	37,3673
3	14066	0	3	54	26	31	37,4676
4	14066	0	3	54	26	24	38,3766
5	14066	0	3	54	26	18	36,9861
6	14126	0	3	55	26	13	38,3102
7	14066	0	3	54	26	36	40,0811
8	14066	0	3	54	26	32	36,362

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	14066	0	3	54	26	66	37,3584
10	14066	0	3	54	26	47	38,4868
Rata-rata	14072	0	3	54	32	31,3	37,8624

B.20 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=5, x=2, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	64	44,4257
2	14066	0	3	54	26	86	39,8594
3	14066	0	3	54	26	37	38,346
4	14066	0	3	54	26	21	37,7971
5	14066	0	3	54	26	18	33,2695
6	14066	0	3	54	26	42	38,7399
7	14172	0	3	56	12	61	42,1489
8	14066	0	3	54	26	7	47,302
9	14066	0	3	54	26	120	47,7075
10	14066	0	3	54	26	19	48,7052
Rata-rata	14076,6	0	3	54	36,6	47,5	41,83012

B.21 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14126	0	3	55	26	3	104,4925
2	14066	0	3	54	26	15	11,6753
3	14066	0	3	54	26	7	101,2694
4	14066	0	3	54	26	11	111,8788
5	14066	0	3	54	26	11	108,8625
6	14066	0	3	54	26	8	108,6276
7	14066	0	3	54	26	25	109,3313
8	14066	0	3	54	26	12	107,519
9	14066	0	3	54	26	19	105,737
10	14066	0	3	54	26	40	106,6926
Rata-rata	14072	0	3	54	32	15,1	97,6086

B.22 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	15	84,1804
2	14066	0	3	54	26	24	87,9104
3	14126	0	3	55	26	6	87,3311

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	14066	0	3	54	26	12	78,7986
5	14066	0	3	54	26	7	80,3774
6	14066	0	3	54	26	24	81,0487
7	14066	0	3	54	26	14	79,9395
8	14066	0	3	54	26	6	79,4704
9	14066	0	3	54	26	8	80,0142
10	14066	0	3	54	26	12	81,675
Rata-rata	14072	0	3	54	32	12,8	82,07457

B.23 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=7, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	52	63,7203
2	14066	0	3	54	26	13	63,5653
3	14378	0	3	59	38	9	64,58
4	14066	0	3	54	26	21	64,8456
5	14126	0	3	55	26	39	63,1301
6	14066	0	3	54	26	20	64,3462
7	14066	0	3	54	26	25	64,3924
8	14066	0	3	54	26	13	64,4089
9	14126	0	3	55	26	13	70,9559
10	14066	0	3	54	26	21	65,5176
Rata-rata	14109,2	0	3	55	9,2	22,6	64,94623

B.24 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	14	161,9732
2	14066	0	3	54	26	4	164,1002
3	14066	0	3	54	26	11	173,3811
4	14066	0	3	54	26	6	185,764
5	14066	0	3	54	26	10	183,1151
6	14066	0	3	54	26	20	171,0024
7	14066	0	3	54	26	13	182,9446
8	14066	0	3	54	26	8	174,0815
9	14066	0	3	54	26	3	175,6229
10	14126	0	3	55	26	13	171,2039
Rata-rata	14072	0	3	54	32	10,2	174,3189

B.25 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=4, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	7	148,7269
2	14066	0	3	54	26	12	156,1293
3	14126	0	3	55	26	10	149,305
4	14066	0	3	54	26	8	148,8779
5	14066	0	3	54	26	7	148,8653
6	14066	0	3	54	26	13	144,0032
7	14066	0	3	54	26	10	143,6435
8	14066	0	3	54	26	10	143,9875
9	14066	0	3	54	26	9	143,769
10	14126	0	3	55	26	7	142,7996
Rata-rata	14078	0	3	54	38	9,3	147,0107

B.26 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=8, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	8	117,6438
2	14066	0	3	54	26	12	119,0662
3	14066	0	3	54	26	6	119,5493
4	14066	0	3	54	26	10	119,1745
5	14066	0	3	54	26	10	118,8898
6	14126	0	3	55	26	4	122,0494
7	14066	0	3	54	26	33	119,846
8	14066	0	3	54	26	12	120,3153
9	14066	0	3	54	26	15	120,2999
10	14126	0	3	55	26	14	121,3949
Rata-rata	14078	0	3	54	38	12,4	119,8229

B.27 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=12, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14172	0	3	56	12	19	133,6798
2	14066	0	3	54	26	20	127,9756
3	14066	0	3	54	26	15	104,3938
4	14066	0	3	54	26	9	103,365
5	14126	0	3	55	26	13	104,8369
6	14066	0	3	54	26	15	103,5517
7	14126	0	3	55	26	7	103,7845
8	14066	0	3	54	26	11	103,206

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	14066	0	3	54	26	6	105,3504
10	14066	0	3	54	26	39	103,7896
Rata-rata	14088,6	0	3	54	48,6	15,4	109,3933

B.28 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=5, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14294	0	3	58	14	53	33,9555
2	14126	0	3	55	26	8	36,3617
3	14275	0	3	57	55	37	37,5798
4	14817	0	4	6	57	20	38,3956
5	14066	0	3	54	26	43	36,2237
6	14180	0	3	56	20	50	36,611
7	14180	0	3	56	20	151	36,0845
8	14275	0	3	57	55	52	35,8761
9	14180	0	3	56	20	134	37,8629
10	14275	0	3	57	55	56	36,111
Rata-rata	14266,8	0	3	57	46,8	60,4	36,50618

B.29 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=5, x=2, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14180	0	3	56	20	154	34,5349
2	14066	0	3	54	26	65	35,1735
3	14066	0	3	54	26	54	34,9862
4	14510	0	4	1	50	19	36,6575
5	14172	0	3	56	12	32	36,3154
6	14066	0	3	54	26	28	37,1261
7	14817	0	4	6	57	11	37,7693
8	14510	0	4	1	50	38	36,8449
9	14066	0	3	54	26	89	36,5494
10	14378	0	3	59	38	183	38,3819
Rata-rata	14283,1	0	3	58	3,1	67,3	36,43391

B.30 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14180	0	3	56	20	17	65,0653
2	14172	0	3	56	12	23	65,112
3	14126	0	3	55	26	22	64,1905

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	14180	0	3	56	20	24	64,9863
5	14066	0	3	54	26	17	65,2674
6	14298	0	3	58	18	41	23,3118
7	14066	0	3	54	26	16	65,049
8	14066	0	3	54	26	17	69,1116
9	14066	0	3	54	26	20	65,4715
10	14066	0	3	54	26	37	64,9099
Rata-rata	14128,6	0	3	55	28,6	23,4	61,24753

B.31 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=4, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14191	0	3	56	31	9	57,6425
2	14403	0	4	0	3	36	51,9395
3	14326	0	3	58	46	27	49,4077
4	14066	0	3	54	26	12	50,6734
5	14066	0	3	54	26	20	50,4702
6	14180	0	3	56	20	14	51,7047
7	14066	0	3	54	26	45	50,7514
8	14126	0	3	55	26	13	51,5342
9	14172	0	3	56	12	16	52,0956
10	14126	0	3	55	26	9	48,7987
Rata-rata	14172,2	0	3	56	12,2	20,1	51,50179

B.32 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=7, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	30	49,4212
2	14294	0	3	58	14	73	47,5799
3	14066	0	3	54	26	5	49,5643
4	14403	0	4	0	3	84	47,9085
5	14311	0	3	58	31	31	47,908
6	14066	0	3	54	26	44	48,1119
7	14294	0	3	58	14	62	48,2048
8	14212	0	3	56	52	16	48,2827
9	14066	0	3	54	26	24	47,8304
10	14180	0	3	56	20	24	48,7363
Rata-rata	14195,8	0	3	56	35,8	39,3	48,3548

B.33 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=1, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14172	0	3	56	12	5	91,0958
2	14172	0	3	56	12	18	95,7857
3	14066	0	3	54	26	9	91,4406
4	14066	0	3	54	26	9	89,5807
5	14180	0	3	56	20	9	91,1592
6	14172	0	3	56	12	20	91,3643
7	14180	0	3	56	20	13	94,5646
8	14592	0	4	3	12	14	94,1149
9	14126	0	3	55	26	11	91,5023
10	14126	0	3	55	26	14	94,5965
Rata-rata	14185,2	0	3	56	25,2	12,2	92,52046

B.34 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=4, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14172	0	3	56	12	20	81,3613
2	14172	0	3	56	12	10	81,0021
3	14066	0	3	54	26	17	81,1117
4	14180	0	3	56	20	40	81,0499
5	14066	0	3	54	26	5	82,4403
6	14172	0	3	56	12	15	80,8775
7	14180	0	3	56	20	28	83,0515
8	14421	0	4	0	21	4	81,8774
9	14126	0	3	55	26	9	82,1116
10	14378	0	3	59	38	6	80,6581
Rata-rata	14193,3	0	3	56	33,3	15,4	81,55414

B.35 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=8, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14180	0	3	56	20	9	67,8141
2	14212	0	3	56	52	12	66,9078
3	14370	0	3	59	30	3	67,7528
4	14066	0	3	54	26	16	66,3771
5	14126	0	3	55	26	4	67,1416
6	14403	0	4	0	3	8	67,6896
7	14126	0	3	55	26	11	68,2831
8	14066	0	3	54	26	19	67,1575

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	14403	0	4	0	3	8	67,4082
10	14172	0	3	56	12	20	66,5644
Rata-rata	14212,4	0	3	56	52,4	11	67,30962

B.36 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=25, x=12, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14172	0	3	56	12	36	64,0358
2	14592	0	4	3	12	5	63,9886
3	14066	0	3	54	26	25	68,1126
4	14066	0	3	54	26	7	66,1299
5	14275	0	3	57	55	7	65,518
6	14395	0	3	59	55	6	66,1111
7	14298	0	3	58	18	16	66,3626
8	14172	0	3	56	12	10	72,5335
9	14180	0	3	56	20	27	66,4711
10	14212	0	3	56	52	11	73,4078
Rata-rata	14242,8	0	3	57	22,8	15	67,2671

B.37 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=5, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14126	0	3	55	26	83	55,1441
2	14066	0	3	54	26	53	56,0178
3	14126	0	3	55	26	59	55,7382
4	14066	0	3	54	26	59	56,6423
5	14172	0	3	56	12	144	57,1114
6	14066	0	3	54	26	34	58,8457
7	14066	0	3	54	26	20	56,6739
8	14172	0	3	56	12	136	57,7205
9	14066	0	3	54	26	69	56,9859
10	14131	0	3	55	31	20	57,1438
Rata-rata	14105,7	0	3	55	5,7	67,7	56,80236

B.38 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=5, x=2, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14180	0	3	56	20	17	50,4869
2	14066	0	3	54	26	136	49,5653
3	14180	0	3	56	20	93	48,815

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	14066	0	3	54	26	25	49,7829
5	14126	0	3	55	26	15	48,8613
6	14172	0	3	56	12	243	48,408
7	14126	0	3	55	26	36	47,7051
8	14066	0	3	54	26	39	49,018
9	14066	0	3	54	26	58	48,6735
10	14066	0	3	54	26	61	50,814
Rata-rata	14111,4	0	3	55	11,4	72,3	49,213

B.39 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	9	135,8165
2	14066	0	3	54	26	17	139,2701
3	14126	0	3	55	26	11	134,4722
4	14126	0	3	55	26	6	134,3656
5	14066	0	3	54	26	25	136,3321
6	14126	0	3	55	26	5	134,6137
7	14066	0	3	54	26	15	139,893
8	14066	0	3	54	26	23	138,7545
9	14066	0	3	54	26	29	135,3896
10	14066	0	3	54	26	10	131,9249
Rata-rata	14084	0	3	54	44	15	136,0832

B.40 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=4, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	19	127,0725
2	14066	0	3	54	26	9	117,9906
3	14400	0	4	0	0	12	113,6498
4	14172	0	3	56	12	9	111,8937
5	14126	0	3	55	26	5	160,4117
6	14066	0	3	54	26	24	180,3967
7	14066	0	3	54	26	7	126,6181
8	14066	0	3	54	26	21	123,5057
9	14066	0	3	54	26	7	126,5126
10	14172	0	3	56	12	10	115,9716
Rata-rata	14126,6	0	3	55	26,6	12,3	130,4023

B.41 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=15, x=7, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14126	0	3	55	26	22	105,7538
2	14126	0	3	55	26	7	103,4277
3	14126	0	3	55	26	10	101,2431
4	14403	0	4	0	3	14	93,7425
5	14066	0	3	54	26	12	90,5344
6	14066	0	3	54	26	33	87,4871
7	14066	0	3	54	26	18	86,9867
8	14180	0	3	56	20	23	89,0804
9	14172	0	3	56	12	29	88,1123
10	14066	0	3	54	26	15	91,3797
Rata-rata	14139,7	0	3	55	39,7	18,3	93,77477

B.42 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=1, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	13	204,6963
2	14066	0	3	54	26	2	207,1287
3	14066	0	3	54	26	14	208,0036
4	14066	0	3	54	26	18	207,207
5	14066	0	3	54	26	7	209,2244
6	14180	0	3	56	20	14	211,5359
7	14066	0	3	54	26	12	209,4258
8	14126	0	3	55	26	7	216,8552
9	14066	0	3	54	26	11	209,3942
10	14066	0	3	54	26	6	218,2348
Rata-rata	14083,4	0	3	54	43,4	10,4	210,1706

B.43 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=4, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	8	185,9883
2	14172	0	3	56	12	15	187,9583
3	14066	0	3	54	26	9	187,2843
4	14623	0	4	3	43	2	191,0836
5	14172	0	3	56	12	4	190,4891
6	14066	0	3	54	26	8	189,7381
7	14066	0	3	54	26	10	191,9728
8	14172	0	3	56	12	11	195,5202

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	14066	0	3	54	26	18	189,5351
10	14066	0	3	54	26	15	197,784
Rata-rata	14153,5	0	3	55	53,5	10	190,7354

B.44 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=8, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14172	0	3	56	12	7	194,301
2	14066	0	3	54	26	12	219,937
3	14066	0	3	54	26	33	159,2226
4	14066	0	3	54	26	7	161,1887
5	14066	0	3	54	26	11	153,8622
6	14191	0	3	56	31	8	156,4203
7	14066	0	3	54	26	19	157,7232
8	14066	0	3	54	26	12	158,2848
9	14126	0	3	55	26	15	160,113
10	14066	0	3	54	26	12	159,0349
Rata-rata	14095,1	0	3	54	55,1	13,6	168,0088

B.45 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=15, k=25, x=12, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	8	161,079
2	14066	0	3	54	26	12	140,3166
3	14066	0	3	54	26	35	128,1276
4	14066	0	3	54	26	8	129,1769
5	14126	0	3	55	26	8	128,2212
6	14066	0	3	54	26	6	129,6748
7	14191	0	3	56	31	9	129,4092
8	14066	0	3	54	26	16	129,3639
9	14066	0	3	54	26	15	130,7997
10	14180	0	3	56	20	12	131,0805
Rata-rata	14095,9	0	3	54	55,9	12,9	133,7249

B.46 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=5, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	41	79,9715
2	14066	0	3	54	26	33	80,0976
3	14066	0	3	54	26	44	80,8781

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	14066	0	3	54	26	53	81,4559
5	14094	0	3	54	54	58	81,2846
6	14066	0	3	54	26	29	82,7363
7	14066	0	3	54	26	195	83,1748
8	14066	0	3	54	26	40	81,9554
9	14066	0	3	54	26	19	79,0518
10	14066	0	3	54	26	120	81,7518
Rata-rata	14068,8	0	3	54	28,8	63,2	81,23578

B.47 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=5, x=2, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	54	65,4081
2	14066	0	3	54	26	13	66,3144
3	14066	0	3	54	26	75	67,3772
4	14066	0	3	54	26	39	68,221
5	14066	0	3	54	26	29	67,5353
6	14191	0	3	56	31	30	69,1268
7	14172	0	3	56	12	44	69,5039
8	14126	0	3	55	26	84	67,004
9	14066	0	3	54	26	24	66,4413
10	14066	0	3	54	26	95	93,3321
Rata-rata	14095,1	0	3	54	55,1	48,7	70,02641

B.48 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	11	204,4261
2	14066	0	3	54	26	6	207,3315
3	14066	0	3	54	26	10	205,6548
4	14066	0	3	54	26	14	208,4011
5	14066	0	3	54	26	13	205,7236
6	14066	0	3	54	26	8	204,2695
7	14066	0	3	54	26	53	204,0042
8	14066	0	3	54	26	14	205,099
9	14066	0	3	54	26	11	204,2394
10	14066	0	3	54	26	26	203,1607
Rata-rata	14066	0	3	54	26	16,6	205,231

B.49 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=4, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	16	157,5968
2	14066	0	3	54	26	46	159,1912
3	14066	0	3	54	26	11	166,3784
4	14172	0	3	56	12	8	159,8631
5	14066	0	3	54	26	17	158,1904
6	14066	0	3	54	26	12	158,3782
7	14066	0	3	54	26	38	159,9046
8	14066	0	3	54	26	12	159,4092
9	14066	0	3	54	26	25	163,8466
10	14066	0	3	54	26	49	159,3182
Rata-rata	14076,6	0	3	54	36,6	23,4	160,2077

B.50 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=15, x=7, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	18	125,4098
2	14066	0	3	54	26	35	126,8002
3	14066	0	3	54	26	18	126,7686
4	14066	0	3	54	26	11	127,4711
5	14066	0	3	54	26	23	127,2056
6	14066	0	3	54	26	68	127,4561
7	14066	0	3	54	26	11	126,6432
8	14066	0	3	54	26	18	126,8934
9	14126	0	3	55	26	15	128,6909
10	14066	0	3	54	26	48	129,0187
Rata-rata	14072	0	3	54	32	26,5	127,2358

B.51 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=1, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	5	335,4139
2	14066	0	3	54	26	9	331,1043
3	14066	0	3	54	26	11	317,2714
4	14066	0	3	54	26	5	322,5213
5	14066	0	3	54	26	6	322,897
6	14066	0	3	54	26	5	326,2084
7	14066	0	3	54	26	11	325,2555
8	14066	0	3	54	26	15	328,8494

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	14066	0	3	54	26	10	326,8661
10	14126	0	3	55	26	16	332,961
Rata-rata	14066	0	3	54	32	9,3	326,9348

B.52 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=4, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	8	282,177
2	14126	0	3	55	26	15	308,1151
3	14126	0	3	55	26	5	336,5688
4	14066	0	3	54	26	15	287,2234
5	14066	0	3	54	26	13	286,1149
6	14066	0	3	54	26	8	292,0518
7	14066	0	3	54	26	10	284,6924
8	14172	0	3	56	12	11	284,1612
9	14066	0	3	54	26	13	283,7705
10	14126	0	3	55	26	3	283,6784
Rata-rata	14094,6	0	3	54	54,6	10,1	292,8554

B.53 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=8, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14126	0	3	55	26	16	238,3634
2	14191	0	3	56	31	5	240,7381
3	14066	0	3	54	26	13	244,0042
4	14066	0	3	54	26	12	242,2383
5	14172	0	3	56	12	6	244,0668
6	14066	0	3	54	26	8	247,3644
7	14066	0	3	54	26	9	245,4107
8	14066	0	3	54	26	8	245,9261
9	14066	0	3	54	26	18	248,0054
10	14066	0	3	54	26	19	248,1298
Rata-rata	14095,1	0	3	54	55,1	11,4	244,4247

B.54 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=25, k=25, x=12, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	14066	0	3	54	26	10	202,7859
2	14066	0	3	54	26	10	203,4326
3	14066	0	3	54	26	12	204,225

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	14066	0	3	54	26	12	206,629
5	14066	0	3	54	26	20	206,9418
6	14066	0	3	54	26	15	207,8646
7	14066	0	3	54	26	17	209,7561
8	14066	0	3	54	26	26	212,1298
9	14066	0	3	54	26	16	207,9761
10	14066	0	3	54	26	9	197,898
Rata-rata	14066	0	3	54	26	14,7	205,9639

B.55 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=5, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35602	1	1	53	22	376	25,0198
2	35758	1	1	55	58	445	26,9638
3	36336	1	2	5	36	488	25,4454
4	35973	1	1	59	33	488	25,7013
5	35956	1	1	59	16	492	25,3908
6	36148	1	2	2	28	468	25,2828
7	35568	1	1	52	48	487	25,8461
8	35655	1	1	54	15	469	25,7273
9	36438	1	2	7	18	492	25,2426
10	35744	1	1	55	44	184	25,6948
Rata-rata	35917,8	1	1	58	37,8	438,9	25,63147

B.56 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=5, x=2, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35725	1	1	55	25	440	23,4708
2	35958	1	1	59	18	496	23,5809
3	36690	1	2	11	30	406	24,9705
4	35727	1	1	55	27	494	24,3462
5	36511	1	2	8	31	471	24,1898
6	36736	1	2	12	16	327	25,0351
7	35768	1	1	56	8	334	24,1588
8	36026	1	2	0	26	247	24,5961
9	36099	1	2	1	39	357	24,7851
10	36049	1	2	0	49	479	24,6896
Rata-rata	36128,9	1	2	2	8,9	405,1	24,38229

B.57 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=1, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35733	1	1	55	33	158	63,6913
2	36026	1	2	0	26	208	66,0871
3	36226	1	2	3	46	455	64,0952
4	36038	1	2	0	38	197	63,8907
5	36042	1	2	0	42	231	64,0174
6	36104	1	2	1	44	288	63,7222
7	35507	1	1	51	47	221	64,8585
8	35666	1	1	54	26	342	63,3778
9	36026	1	2	0	26	75	63,6585
10	35675	1	1	54	35	245	65,0048
Rata-rata	35904,3	1	1	58	24,3	242	64,24035

B.58 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=4, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	36046	1	2	0	46	360	54,8623
2	36225	1	2	3	45	207	56,1747
3	36145	1	2	2	25	211	56,1274
4	36128	1	2	2	8	206	55,8627
5	35698	1	1	54	58	233	56,3622
6	35845	1	1	57	25	190	56,0497
7	35287	1	1	48	7	396	56,1748
8	36735	1	2	12	15	207	55,8621
9	35589	1	1	53	9	279	59,2217
10	36356	1	2	5	56	500	55,9726
Rata-rata	36005,4	1	2	0	5,4	278,9	56,26702

B.59 Hasil Percobaan Data 5 stage 16 job (Pop=5, k=15, x=7, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	36142	1	2	2	22	261	49,1274
2	35463	1	1	51	3	473	50,3618
3	35735	1	1	55	35	221	49,846
4	35823	1	1	57	3	456	49,4713
5	36269	1	2	4	29	217	49,0491
6	35934	1	1	58	54	494	49,1742
7	35575	1	1	52	55	495	49,3462
8	36254	1	2	4	14	147	49,0181

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	35897	1	1	58	17	421	48,8931
10	36374	1	2	6	14	111	49,2372
Rata-rata	35946,6	1	1	59	6,6	329,6	49,35244

B.60 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	36081	1	2	1	21	122	101,7058
2	35658	1	1	54	18	114	99,0444
3	35890	1	1	58	10	50	99,394
4	35718	1	1	55	18	283	99,6803
5	36161	1	2	2	41	162	101,4025
6	35617	1	1	53	37	329	96,956
7	35781	1	1	56	21	310	99,2993
8	35872	1	1	57	52	172	97,2803
9	35787	1	1	56	27	169	99,3304
10	35577	1	1	52	57	280	97,8175
Rata-rata	35814,2	1	1	56	54,2	199,1	99,19105

B.61 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35568	1	1	52	48	89	88,6959
2	35981	1	1	59	41	159	88,5651
3	36233	1	2	3	53	158	88,7216
4	35839	1	1	57	19	373	89,0354
5	35683	1	1	54	43	155	88,7996
6	37330	1	2	22	10	36	89,0148
7	36264	1	2	4	24	164	89,3776
8	35777	1	1	56	17	299	87,8626
9	35765	1	1	56	5	154	88,3811
10	35613	1	1	53	33	179	88,8478
Rata-rata	36005,3	1	2	0	5,3	176,6	88,73015

B.62 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=8, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35744	1	1	55	44	305	94,1584
2	36329	1	2	5	29	165	96,2554
3	35557	1	1	52	37	224	86,8332

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	35605	1	1	53	25	100	105,2395
5	35564	1	1	52	44	351	103,6305
6	35950	1	1	59	10	333	79,4098
7	35964	1	1	59	24	136	79,8495
8	36676	1	2	11	16	53	78,9886
9	36213	1	2	3	33	105	78,9878
10	35393	1	1	49	53	130	78,6281
Rata-rata	35899,5	1	1	58	19,5	190,2	88,19808

B.63 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=12, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35459	1	1	50	59	282	73,4896
2	35801	1	1	56	41	54	71,38
3	36115	1	2	1	55	301	69,4563
4	35761	1	1	56	1	133	71,3468
5	35810	1	1	56	50	182	70,4908
6	35675	1	1	54	35	439	71,9125
7	35577	1	1	52	57	170	72,7386
8	36398	1	2	6	38	343	72,1588
9	35870	1	1	57	50	185	72,288
10	35850	1	1	57	30	146	75,0349
Rata-rata	35831,6	1	1	57	11,6	223,5	72,02963

B.64 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=5, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35810	1	1	56	50	485	55,8059
2	35609	1	1	53	29	421	57,2561
3	35790	1	1	56	30	500	56,5201
4	35620	1	1	53	40	449	57,3778
5	35781	1	1	56	21	455	59,9263
6	35537	1	1	52	17	489	55,2384
7	36014	1	2	0	14	499	57,9246
8	35793	1	1	56	33	485	57,6434
9	35872	1	1	57	52	471	58,2219
10	35995	1	1	59	55	498	57,4246
Rata-rata	35782,1	1	1	56	22,1	475,2	57,33391

B.65 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=5, x=2, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35755	1	1	55	55	376	47,6011
2	36139	1	2	2	19	490	49,3147
3	35831	1	1	57	11	380	49,0348
4	35682	1	1	54	42	497	48,8958
5	35884	1	1	58	4	391	49,7055
6	36305	1	2	5	5	372	60,348
7	35616	1	1	53	36	408	64,4291
8	35994	1	1	59	54	427	50,7055
9	35595	1	1	53	15	442	50,8937
10	35870	1	1	57	50	497	51,1946
Rata-rata	35867,1	1	1	57	47,1	428	52,21228

B.66 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35765	1	1	56	5	205	169,1637
2	35776	1	1	56	16	226	165,77
3	35605	1	1	53	25	157	164,8635
4	35429	1	1	50	29	354	165,5376
5	35597	1	1	53	17	266	167,8328
6	35440	1	1	50	40	179	168,4897
7	35677	1	1	54	37	158	174,8016
8	35621	1	1	53	41	228	168,7696
9	35602	1	1	53	22	232	167,6156
10	35489	1	1	51	29	192	178,704
Rata-rata	35600,1	1	1	53	20,1	219,7	169,1548

B.67 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35531	1	1	52	11	438	134,5635
2	35580	1	1	53	0	270	135,425
3	35543	1	1	52	23	431	136,3638
4	35450	1	1	50	50	330	134,8785
5	35973	1	1	59	33	191	135,0655
6	35529	1	1	52	9	375	138,3574
7	35543	1	1	52	23	450	138,8472
8	35742	1	1	55	42	222	137,2221
9	35675	1	1	54	35	269	135,9254

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
10	35503	1	1	51	43	201	136,4259
Rata-rata	35606,9	1	1	53	26,9	317,7	136,3074

B.68 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=7, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35580	1	1	53	0	390	108,0622
2	35612	1	1	53	32	358	104,0973
3	35755	1	1	55	55	325	104,6916
4	35605	1	1	53	25	385	104,8622
5	35680	1	1	54	40	294	104,6447
6	36737	1	2	12	17	334	104,3935
7	35653	1	1	54	13	490	103,8169
8	35879	1	1	57	59	473	104,5347
9	36076	1	2	1	16	164	104,3013
10	35713	1	1	55	13	223	193,6907
Rata-rata	35829	1	1	57	9	343,6	113,7095

B.69 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35518	1	1	51	58	396	353,0856
2	35568	1	1	52	48	235	285,9586
3	35550	1	1	52	30	264	275,0362
4	35868	1	1	57	48	156	275,1936
5	35674	1	1	54	34	395	277,1803
6	35753	1	1	55	53	133	277,5841
7	35570	1	1	52	50	407	279,4737
8	35557	1	1	52	37	265	278,0368
9	35355	1	1	49	15	134	277,8821
10	35326	1	1	48	46	231	281,3222
Rata-rata	35573,9	1	1	52	53,9	261,6	286,0753

B.70 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35772	1	1	56	12	213	345,9751
2	35767	1	1	56	7	167	256,6787
3	35265	1	1	47	45	500	264,9827
4	35724	1	1	55	24	314	255,9974

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
5	35644	1	1	54	4	326	248,5685
6	35579	1	1	52	59	236	250,1802
7	35612	1	1	53	32	181	253,9305
8	35856	1	1	57	36	285	252,3173
9	35897	1	1	58	17	399	258,7262
10	35731	1	1	55	31	263	254,9898
Rata-rata	35684,7	1	1	54	44,7	288,4	264,2346

B.71 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=8, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35689	1	1	54	49	206	204,1928
2	35981	1	1	59	41	217	205,0678
3	35607	1	1	53	27	417	239,3042
4	35614	1	1	53	34	392	207,3947
5	35573	1	1	52	53	279	208,9587
6	35663	1	1	54	23	196	209,8359
7	35663	1	1	54	23	105	209,1628
8	35536	1	1	52	16	482	212,7083
9	35722	1	1	55	22	215	210,5681
10	35483	1	1	51	23	239	210,2554
Rata-rata	35653,1	1	1	54	13,1	274,8	211,7449

B.72 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=12, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35812	1	1	56	52	423	166,6449
2	35493	1	1	51	33	333	165,6914
3	35463	1	1	51	3	428	165,9416
4	35436	1	1	50	36	476	196,7195
5	35537	1	1	52	17	421	167,5668
6	35646	1	1	54	6	160	165,7853
7	35724	1	1	55	24	496	166,5194
8	35661	1	1	54	21	355	167,5849
9	35460	1	1	51	0	171	199,0825
10	35925	1	1	58	45	186	169,5844
Rata-rata	35615,7	1	1	53	35,7	344,9	173,1121

B.73 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=5, x=1, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35363	1	1	49	23	431	84,3473
2	35741	1	1	55	41	487	85,331
3	35724	1	1	55	24	429	85,2083
4	35549	1	1	52	29	493	88,939
5	35686	1	1	54	46	463	85,8345
6	35562	1	1	52	42	491	91,6282
7	35793	1	1	56	33	379	90,7727
8	35413	1	1	50	13	457	85,8416
9	35689	1	1	54	49	473	86,9332
10	35488	1	1	51	28	452	85,9534
Rata-rata	35600,8	1	1	53	20,8	455,5	87,07892

B.74 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=5, x=2, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35552	1	1	52	32	433	69,714
2	35733	1	1	55	33	490	72,0351
3	35590	1	1	53	10	467	71,4713
4	35563	1	1	52	43	380	73,1123
5	35555	1	1	52	35	461	73,5821
6	35781	1	1	56	21	446	73,7216
7	35879	1	1	57	59	481	73,0185
8	35584	1	1	53	4	483	72,7684
9	35975	1	1	59	35	267	73,1924
10	35704	1	1	55	4	364	70,957
Rata-rata	35691,6	1	1	54	51,6	427,2	72,35727

B.75 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=1, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35568	1	1	52	48	412	269,1249
2	35442	1	1	50	42	367	333,5559
3	35601	1	1	53	21	465	264,4432
4	35649	1	1	54	9	287	264,5986
5	35606	1	1	53	26	306	264,4427
6	35469	1	1	51	9	404	411,539
7	35551	1	1	52	31	429	298,2296
8	35491	1	1	51	31	182	282,4746

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	35552	1	1	52	32	418	279,3049
10	35553	1	1	52	33	382	274,1152
Rata-rata	35548,2	1	1	52	28,2	365,2	294,1829

B.76 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35441	1	1	50	41	456	228,1453
2	35712	1	1	55	12	470	223,2065
3	35707	1	1	55	7	450	334,8091
4	35499	1	1	51	39	298	230,3657
5	35612	1	1	53	32	492	219,3168
6	35359	1	1	49	19	480	216,598
7	35560	1	1	52	40	500	216,2703
8	35567	1	1	52	47	301	217,6293
9	35439	1	1	50	39	385	216,9266
10	35617	1	1	53	37	477	219,5524
Rata-rata	35551,3	1	1	52	31,3	430,9	232,282

B.77 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=7, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35422	1	1	50	22	450	164,2691
2	35736	1	1	55	36	500	165,3478
3	35547	1	1	52	27	365	167,0919
4	35664	1	1	54	24	489	167,2272
5	35888	1	1	58	8	316	176,2863
6	35773	1	1	56	13	361	167,0678
7	35657	1	1	54	17	330	168,9113
8	35524	1	1	52	4	326	168,3005
9	35640	1	1	54	0	469	179,7718
10	35353	1	1	49	13	162	168,2704
Rata-rata	35620,4	1	1	53	40,4	376,8	169,2544

B.78 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=1, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35804	1	1	56	44	139	455,1563
2	35590	1	1	53	10	187	454,2887
3	35307	1	1	48	27	265	454,5553

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	35456	1	1	50	56	124	455,695
5	35497	1	1	51	37	365	479,571
6	35540	1	1	52	20	156	453,8045
7	35737	1	1	55	37	285	443,7734
8	35346	1	1	49	6	156	454,9297
9	35557	1	1	52	37	120	453,2575
10	35349	1	1	49	9	238	452,2576
Rata-rata	35518,3	1	1	51	58,3	203,5	455,7289

B.79 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=4, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35658	1	1	54	18	168	402,1172
2	35622	1	1	53	42	186	407,5403
3	35643	1	1	54	3	129	420,1948
4	35479	1	1	51	19	268	402,5065
5	35592	1	1	53	12	378	400,6942
6	35437	1	1	50	37	175	401,3821
7	35595	1	1	53	15	367	400,7572
8	35510	1	1	51	50	133	401,6496
9	35507	1	1	51	47	379	405,3663
10	35571	1	1	52	51	269	403,0075
Rata-rata	35561,4	1	1	52	41,4	245,2	404,5216

B.80 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=8, Iter=500)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35336	1	1	48	56	226	336,4672
2	35379	1	1	49	39	331	387,7133
3	35505	1	1	51	45	275	338,6308
4	35567	1	1	52	47	135	333,0595
5	35506	1	1	51	46	193	336,7044
6	35721	1	1	55	21	348	336,626
7	35928	1	1	58	48	156	357,9636
8	35588	1	1	53	8	252	354,3088
9	35582	1	1	53	2	197	331,6322
10	35533	1	1	52	13	262	335,2256
Rata-rata	35564,5	1	1	52	44,5	237,5	344,8331

B.81 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=12, Iter=500)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35662	1	1	54	22	473	255,2605
2	35866	1	1	57	46	288	255,7554
3	35406	1	1	50	6	375	254,8802
4	35858	1	1	57	38	249	253,6926
5	35494	1	1	51	34	386	255,6164
6	35874	1	1	57	54	348	255,5529
7	35371	1	1	49	31	359	254,5676
8	35362	1	1	49	22	469	253,3657
9	35667	1	1	54	27	334	253,9587
10	35823	1	1	57	3	285	259,5054
Rata-rata	35638,3	1	1	53	58,3	356,6	255,2155

B.82 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=5, x=1, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35793	1	1	56	33	775	52,0194
2	36478	1	2	7	58	440	50,6902
3	36174	1	2	2	54	811	51,2692
4	35675	1	1	54	35	872	50,8643
5	36063	1	2	1	3	607	50,5972
6	36019	1	2	0	19	973	51,0344
7	35484	1	1	51	24	536	50,8459
8	36027	1	2	0	27	345	50,9877
9	36131	1	2	2	11	865	52,5814
10	35935	1	1	58	55	809	50,5805
Rata-rata	35977,9	1	1	59	37,9	703,3	51,14702

B.83 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=5, x=2, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35785	1	1	56	25	720	48,0336
2	35525	1	1	52	5	730	47,9088
3	36636	1	2	10	36	889	48,1274
4	36059	1	2	0	59	695	48,2066
5	36565	1	2	9	25	165	48,4244
6	36734	1	2	12	14	166	48,0496
7	36986	1	2	16	26	988	48,3776
8	36639	1	2	10	39	452	47,7691
9	35845	1	1	57	25	962	48,3148

10	36650	1	2	10	50	939	48,8784
Rata-rata	36342,4	1	2	5	42,4	670,6	48,20903

B.84 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=15, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35692	1	1	54	52	195	127,0202
2	35505	1	1	51	45	348	127,7224
3	35953	1	1	59	13	126	127,239
4	35975	1	1	59	35	319	126,5044
5	35533	1	1	52	13	340	127,0349
6	35837	1	1	57	17	280	130,3008
7	35752	1	1	55	52	151	126,7074
8	35806	1	1	56	46	961	126,1131
9	35805	1	1	56	45	198	127,0193
10	35606	1	1	53	26	339	126,0982
Rata-rata	35746,4	1	1	55	46,4	325,7	127,176

B.85 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=15, x=4, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35612	1	1	53	32	318	112,0191
2	36065	1	2	1	5	495	110,988
3	36766	1	2	12	46	169	110,6751
4	35750	1	1	55	50	958	110,3788
5	36209	1	2	3	29	443	113,3007
6	35395	1	1	49	55	256	111,0037
7	36676	1	2	11	16	400	111,3164
8	35732	1	1	55	32	331	110,8636
9	36148	1	2	2	28	260	110,6295
10	36108	1	2	1	48	214	110,7378
Rata-rata	36046,1	1	2	0	46,1	384,4	111,1913

B.86 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=15, x=7, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	36161	1	2	2	41	254	97,3962
2	36023	1	2	0	23	419	96,0023
3	36431	1	2	7	11	365	97,5192
4	35989	1	1	59	49	710	95,8784
5	36041	1	2	0	41	449	96,6304
6	35953	1	1	59	13	611	96,2543

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
7	36465	1	2	7	45	332	97,85
8	35482	1	1	51	22	973	99,1278
9	37684	1	2	28	4	107	97,019
10	35984	1	1	59	44	403	98,6455
Rata-rata	36221,3	1	2	3	41,3	462,3	97,23231

B.87 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35529	1	1	52	9	355	203,4277
2	36078	1	2	1	18	102	201,5982
3	35894	1	1	58	14	399	199,5983
4	35870	1	1	57	50	262	202,1138
5	35929	1	1	58	49	112	202,7699
6	35910	1	1	58	30	85	203,3169
7	35598	1	1	53	18	365	203,9107
8	35584	1	1	53	4	136	207,6797
9	35429	1	1	50	29	177	204,7833
10	35870	1	1	57	50	111	205,7686
Rata-rata	35769,1	1	1	56	9,1	210,4	203,4967

B.88 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=4, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35698	1	1	54	58	304	179,3163
2	35881	1	1	58	1	92	176,2694
3	35712	1	1	55	12	98	177,1134
4	35722	1	1	55	22	156	176,4289
5	35808	1	1	56	48	229	180,2551
6	35494	1	1	51	34	210	180,0048
7	35808	1	1	56	48	273	184,896
8	35780	1	1	56	20	200	175,3012
9	36249	1	2	4	9	322	175,6761
10	35503	1	1	51	43	193	176,3791
Rata-rata	35765,5	1	1	56	5,5	207,7	178,164

B.89 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=8, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35616	1	1	53	36	281	154,3341
2	35582	1	1	53	2	146	153,4898
3	35704	1	1	55	4	193	157,3633
4	35690	1	1	54	50	138	158,2863
5	36251	1	2	4	11	387	179,5051
6	35744	1	1	55	44	305	169,4913
7	36282	1	2	4	42	99	204,2277
8	35839	1	1	57	19	252	161,1661
9	36256	1	2	4	16	326	160,9732
10	35681	1	1	54	41	588	161,879
Rata-rata	35864,5	1	1	57	44,5	271,5	166,0716

B.90 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=5, k=25, x=12, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	36029	1	2	0	29	74	140,3353
2	36115	1	2	1	55	135	133,8627
3	35821	1	1	57	1	105	132,3159
4	36770	1	2	12	50	359	131,1311
5	35728	1	1	55	28	280	132,3318
6	35648	1	1	54	8	624	133,0037
7	36288	1	2	4	48	221	132,2847
8	36737	1	2	12	17	79	133,6924
9	36081	1	2	1	21	133	131,457
10	35756	1	1	55	56	290	131,5817
Rata-rata	36097,3	1	2	1	37,3	230	133,1996

B.91 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=5, x=1, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35621	1	1	53	41	926	115,8007
2	35590	1	1	53	10	848	114,5057
3	35600	1	1	53	20	984	113,4725
4	35723	1	1	55	23	470	117,1638
5	35973	1	1	59	33	631	114,9595
6	35514	1	1	51	54	916	117,5673
7	35420	1	1	50	20	981	116,5852
8	35649	1	1	54	9	956	117,4906

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	35487	1	1	51	27	810	116,6129
10	35621	1	1	53	41	880	117,1762
Rata-rata	35619,8	1	1	53	39,8	840,2	116,1334

B.92 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=5, x=2, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35883	1	1	58	3	988	93,159
2	35985	1	1	59	45	717	94,1279
3	35535	1	1	52	15	998	92,9273
4	35905	1	1	58	25	456	94,3965
5	35654	1	1	54	14	714	94,5032
6	35580	1	1	53	0	949	94,0968
7	35496	1	1	51	36	993	94,7369
8	36415	1	2	6	55	646	94,3783
9	35579	1	1	52	59	515	93,3478
10	35830	1	1	57	10	702	94,4094
Rata-rata	35786,2	1	1	56	26,2	767,8	94,00831

B.93 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35687	1	1	54	47	158	342,2213
2	35895	1	1	58	15	315	332,1311
3	35464	1	1	51	4	335	344,0841
4	35643	1	1	54	3	128	363,2897
5	35657	1	1	54	17	208	341,7924
6	35438	1	1	50	38	295	400,0702
7	35794	1	1	56	34	69	330,1174
8	35883	1	1	58	3	291	329,2079
9	35543	1	1	52	23	874	333,5916
10	35344	1	1	49	4	729	370,9935
Rata-rata	35634,8	1	1	53	54,8	340,2	348,7499

B.94 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=4, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35651	1	1	54	11	509	279,0479
2	35703	1	1	55	3	461	269,1768
3	35631	1	1	53	51	285	270,522

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
4	35551	1	1	52	31	997	273,3645
5	35437	1	1	50	37	477	270,1768
6	35767	1	1	56	7	501	275,3652
7	35667	1	1	54	27	351	275,3173
8	35833	1	1	57	13	198	276,8801
9	35517	1	1	51	57	741	281,3039
10	36087	1	2	1	27	283	281,2091
Rata-rata	35684,4	1	1	54	44,4	480,3	275,2364

B.95 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=15, x=7, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35512	1	1	51	52	705	207,1292
2	35535	1	1	52	15	454	205,395
3	35548	1	1	52	28	466	205,8167
4	35550	1	1	52	30	259	206,2859
5	35873	1	1	57	53	317	205,037
6	35547	1	1	52	27	688	223,099
7	35743	1	1	55	43	769	205,5522
8	35460	1	1	51	0	398	206,974
9	35860	1	1	57	40	581	209,5979
10	35734	1	1	55	34	588	206,9418
Rata-rata	35636,2	1	1	53	56,2	522,5	208,1829

B.96 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35490	1	1	51	30	229	566,932
2	35843	1	1	57	23	378	555,1654
3	35576	1	1	52	56	122	554,6816
4	35675	1	1	54	35	278	556,4474
5	35678	1	1	54	38	175	561,7279
6	35552	1	1	52	32	191	553,6528
7	35518	1	1	51	58	135	553,401
8	35606	1	1	53	26	128	555,3614
9	35858	1	1	57	38	132	559,1665
10	35271	1	1	47	51	396	563,9467
Rata-rata	35606,7	1	1	53	26,7	216,4	558,0483

B.97 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=4, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35559	1	1	52	39	292	521,4323
2	35478	1	1	51	18	198	498,9901
3	35534	1	1	52	14	91	490,2576
4	35985	1	1	59	45	159	489,7738
5	35462	1	1	51	2	214	490,0237
6	35885	1	1	58	5	524	489,0714
7	35460	1	1	51	0	494	494,0079
8	35529	1	1	52	9	257	490,2122
9	35616	1	1	53	36	466	491,2894
10	35809	1	1	56	49	364	513,7494
Rata-rata	35631,7	1	1	53	51,7	305,9	496,8808

B.98 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=8, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	36298	1	2	4	58	36	422,6979
2	35420	1	1	50	20	627	425,1987
3	35496	1	1	51	36	525	421,0814
4	35714	1	1	55	14	382	410,0396
5	35558	1	1	52	38	213	409,3043
6	35450	1	1	50	50	357	410,1161
7	35442	1	1	50	42	721	413,2325
8	35469	1	1	51	9	720	411,8821
9	35866	1	1	57	46	149	409,7574
10	35879	1	1	57	59	225	411,8348
Rata-rata	35659,2	1	1	54	19,2	395,5	414,5145

B.99 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=15, k=25, x=12, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35989	1	1	59	49	500	334,4453
2	35434	1	1	50	34	579	335,9432
3	35658	1	1	54	18	277	333,8346
4	35757	1	1	55	57	146	336,7124
5	35505	1	1	51	45	259	339,2872
6	35704	1	1	55	4	379	340,678
7	35649	1	1	54	9	322	342,1792
8	35772	1	1	56	12	354	334,0238
9	35908	1	1	58	28	722	330,57

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
10	35666	1	1	54	26	297	329,4748
Rata-rata	35704,2	1	1	55	4,2	383,5	335,7149

B.100 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=5, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35705	1	1	55	5	534	173,7226
2	35461	1	1	51	1	915	174,4411
3	35621	1	1	53	41	652	173,7082
4	35319	1	1	48	39	905	175,7385
5	35521	1	1	52	1	718	173,5517
6	35322	1	1	48	42	865	185,133
7	35500	1	1	51	40	840	175,9428
8	35660	1	1	54	20	428	175,223
9	35736	1	1	55	36	587	180,5195
10	35452	1	1	50	52	967	176,6134
Rata-rata	35529,7	1	1	52	9,7	741,1	176,4594

B.101 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=5, x=2, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35497	1	1	51	37	952	147,4566
2	35677	1	1	54	37	956	149,8019
3	35815	1	1	56	55	968	146,2892
4	35602	1	1	53	22	985	145,1761
5	35508	1	1	51	48	959	144,0836
6	35655	1	1	54	15	362	146,0982
7	35712	1	1	55	12	701	148,3638
8	35563	1	1	52	43	938	150,0683
9	35697	1	1	54	57	856	138,3784
10	35743	1	1	55	43	820	136,8784
Rata-rata	35646,9	1	1	54	6,9	849,7	145,2595

B.102 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=1, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35444	1	1	50	44	443	539,2271
2	35409	1	1	50	9	360	538,8399
3	35397	1	1	49	57	301	553,1498
4	35285	1	1	48	5	450	583,5411

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
5	35463	1	1	51	3	504	536,4472
6	35596	1	1	53	16	224	537,5252
7	35528	1	1	52	8	240	540,7884
8	35542	1	1	52	22	817	576,6025
9	35466	1	1	51	6	223	549,3374
10	35478	1	1	51	18	365	568,1321
Rata-rata	35460,8	1	1	51	0,8	392,7	552,3591

B.103 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=4, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35317	1	1	48	37	236	430,6957
2	35495	1	1	51	35	168	434,4406
3	35450	1	1	50	50	437	433,0562
4	35527	1	1	52	7	576	432,0384
5	35304	1	1	48	24	262	430,227
6	35286	1	1	48	6	341	431,132
7	35433	1	1	50	33	691	430,6178
8	35351	1	1	49	11	342	431,4137
9	35795	1	1	56	35	240	432,8682
10	35740	1	1	55	40	637	435,5283
Rata-rata	35469,8	1	1	51	9,8	393	432,2018

B.104 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=15, x=7, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35427	1	1	50	27	456	331,5067
2	35395	1	1	49	55	542	341,7408
3	35481	1	1	51	21	448	338,5377
4	35777	1	1	56	17	631	337,756
5	35655	1	1	54	15	991	337,024
6	35997	1	1	59	57	685	334,6993
7	35402	1	1	50	2	997	329,084
8	35725	1	1	55	25	377	330,5996
9	35342	1	1	49	2	660	330,7559
10	35609	1	1	53	29	116	329,7557
Rata-rata	35581	1	1	53	1	590,3	334,146

B.105 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=1, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35489	1	1	51	29	251	908,0609
2	35635	1	1	53	55	335	903,2963
3	35582	1	1	53	2	182	904,2944
4	35505	1	1	51	45	186	904,9505
5	35385	1	1	49	45	251	990,9213
6	35523	1	1	52	3	350	915,138
7	35318	1	1	48	38	295	919,0006
8	35651	1	1	54	11	266	935,0894
9	35508	1	1	51	48	413	908,8569
10	35509	1	1	51	49	144	917,3953
Rata-rata	35510,5	1	1	51	50,5	267,3	920,7004

B.106 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=4, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35551	1	1	52	31	445	803,4023
2	35492	1	1	51	32	217	802,7771
3	35473	1	1	51	13	206	803,5411
4	35462	1	1	51	2	256	805,5902
5	35740	1	1	55	40	421	985,4196
6	35595	1	1	53	15	150	827,4574
7	35382	1	1	49	42	163	845,5954
8	35497	1	1	51	37	214	862,0682
9	35617	1	1	53	37	325	818,9281
10	35553	1	1	52	33	162	807,2273
Rata-rata	35536,2	1	1	52	16,2	255,9	836,2007

B.107 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=8, Iter=1000)

Percobaan	Makespan					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	35720	1	1	55	20	219	667,1987
2	35467	1	1	51	7	271	668,3538
3	35475	1	1	51	15	119	673,4174
4	35699	1	1	54	59	323	671,05
5	35653	1	1	54	13	192	664,2599
6	35555	1	1	52	35	141	661,2134
7	35365	1	1	49	25	256	661,511
8	35854	1	1	57	34	180	663,444

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
9	35545	1	1	52	25	128	661,8705
10	35551	1	1	52	31	94	660,5417
Rata-rata	35588,4	1	1	53	8,4	192,3	665,286

B.108 Hasil Percobaan Data 5 stage 46 job (Pop=25, k=25, x=12, Iter=1000)

Percobaan	<i>Makespan</i>					Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (d)
	Total (s)	Hari	Jam	Menit	Detik		
1	36382	1	2	6	22	106	506,5578
2	35531	1	1	52	11	273	506,6662
3	35864	1	1	57	44	500	506,0401
4	35588	1	1	53	8	259	509,5412
5	35458	1	1	50	58	371	505,2424
6	35657	1	1	54	17	432	506,3682
7	36111	1	2	1	51	539	505,305
8	35564	1	1	52	44	242	506,0088
9	35808	1	1	56	48	319	505,3359
10	35721	1	1	55	21	251	505,2285
Rata-rata	35768,4	1	1	56	8,4	329,2	506,2294

Lampiran C. Hasil Simulasi Akhir

C.1 Simulasi Akhir Data 5 stage 16 job

Percobaan	Urutan	Makespan	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (detik)	PD _A (%)
1	12-10-2-8-1- 16-3-5-11-6-7- 4-9-13-15-14	14066	5	606,6423	21,3109%
2	15-10-1-8-2-6- 3-16-4-5-11-7- 9-12-14-13	14066	5	608,0631	21,3109%
3	15-10-1-8-2-4- 13-5-7-6-9-12- 3-11-14-16	14066	11	620,0266	21,3109%
4	15-10-1-8-2- 12-11-16-7-4- 3-9-6-14-13-5	14066	6	611,3195	21,3109%
5	16-10-1-8-2-9- 13-11-12-5-3- 14-7-15-4-6	14066	6	612,4782	21,3109%
6	15-10-2-8-1-5- 7-3-16-6-11- 12-9-13-14-4	14066	7	611,3553	21,3109%
7	13-10-2-8-1-7- 16-9-3-6-11-5- 4-12-15-14	14066	13	613,6233	21,3109%
8	16-10-1-8-2- 13-14-11-5-3- 6-15-12-4-7-9	14066	4	612,9036	21,3109%
9	14-10-2-8-1-6- 12-16-13-7-11- 15-9-5-4-3	14066	9	611,6245	21,3109%
10	16-10-2-8-1- 12-4-3-11-9- 15-7-6-5-14-13	14066	10	614,0748	21,3109%

C.2 Simulasi Akhir Data 5 stage 46 job

Percobaan	Urutan	Makespan	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (detik)	PD _A (%)
1	1-34-45-42-40- 44-37-39-41-31- 36-18-19-16-24- 27-35-33-10-38- 9-8-14-22-29-13- 2-3-25-20-23-28- 21-43-6-15-5-11-	35430	209	1726,3200	3,2042%

Percobaan	Urutan	Makespan	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (detik)	PD _A (%)
	4-17-30-7-26-12-46-32				
2	10-42-45-44-40-35-37-38-46-43-20-34-41-12-9-19-32-15-5-29-13-3-22-39-2-23-4-14-27-21-16-1-8-30-24-6-33-36-25-7-31-26-18-11-28-17	35529	133	1743,2942	3,4926%
3	34-19-43-45-20-35-44-37-39-41-46-40-18-42-38-5-10-2-32-16-36-6-23-26-9-14-8-31-22-27-3-12-15-24-4-13-1-7-30-25-33-11-17-29-28-21	35302	148	1724,8602	2,8313%
4	1-34-45-42-40-44-37-39-41-31-36-18-19-16-24-27-35-33-10-38-9-8-14-22-29-13-2-3-25-20-23-28-21-43-6-15-5-11-4-17-30-7-26-12-46-32	35430	209	1799,0247	3,2042%
5	10-34-43-46-20-45-18-42-35-40-38-37-41-9-1-44-31-36-22-19-23-39-26-7-2-5-24-32-33-13-14-15-3-16-12-4-21-6-17-27-11-28-30-29-25-8	35482	136	1718,3556	3,3557%
6	31-34-20-46-44-19-42-45-18-36-35-43-10-39-41-40-37-17-14-3-16-38-25-23-32-1-6-8-22-28-2-4-29-27-24-30-26-7-12-5-33-15-21-9-13-11	35330	158	1767,2683	2,9129%

Percobaan	Urutan	Makespan	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (detik)	PD _A (%)
7	10-20-36-43-34-45-40-44-37-39-41-9-33-42-35-18-46-38-21-11-1-22-23-31-32-14-24-28-15-8-3-16-26-4-12-2-29-27-17-7-6-5-13-19-30-25	35297	165	1740,2812	2,8168%
8	1-34-45-42-40-44-37-39-41-31-36-18-19-16-24-27-35-33-10-38-9-8-14-22-29-13-2-3-25-20-23-28-21-43-6-15-5-11-4-17-30-7-26-12-46-32	35430	209	1794,7720	3,2042%
9	10-42-45-44-40-35-37-38-46-43-20-34-41-12-9-19-32-15-5-29-13-3-22-39-2-23-4-14-27-21-16-1-8-30-24-6-33-36-25-7-31-26-18-11-28-17	35529	133	1730,5848	3,4926%
10	10-36-44-43-19-45-35-37-34-39-41-9-23-46-42-31-18-14-20-40-7-48-30-21-3-1-8-4-17-22-27-24-26-2-12-33-5-32-15-29-6-11-16-25-13-28	35313	249	1729,5146	2,8634%

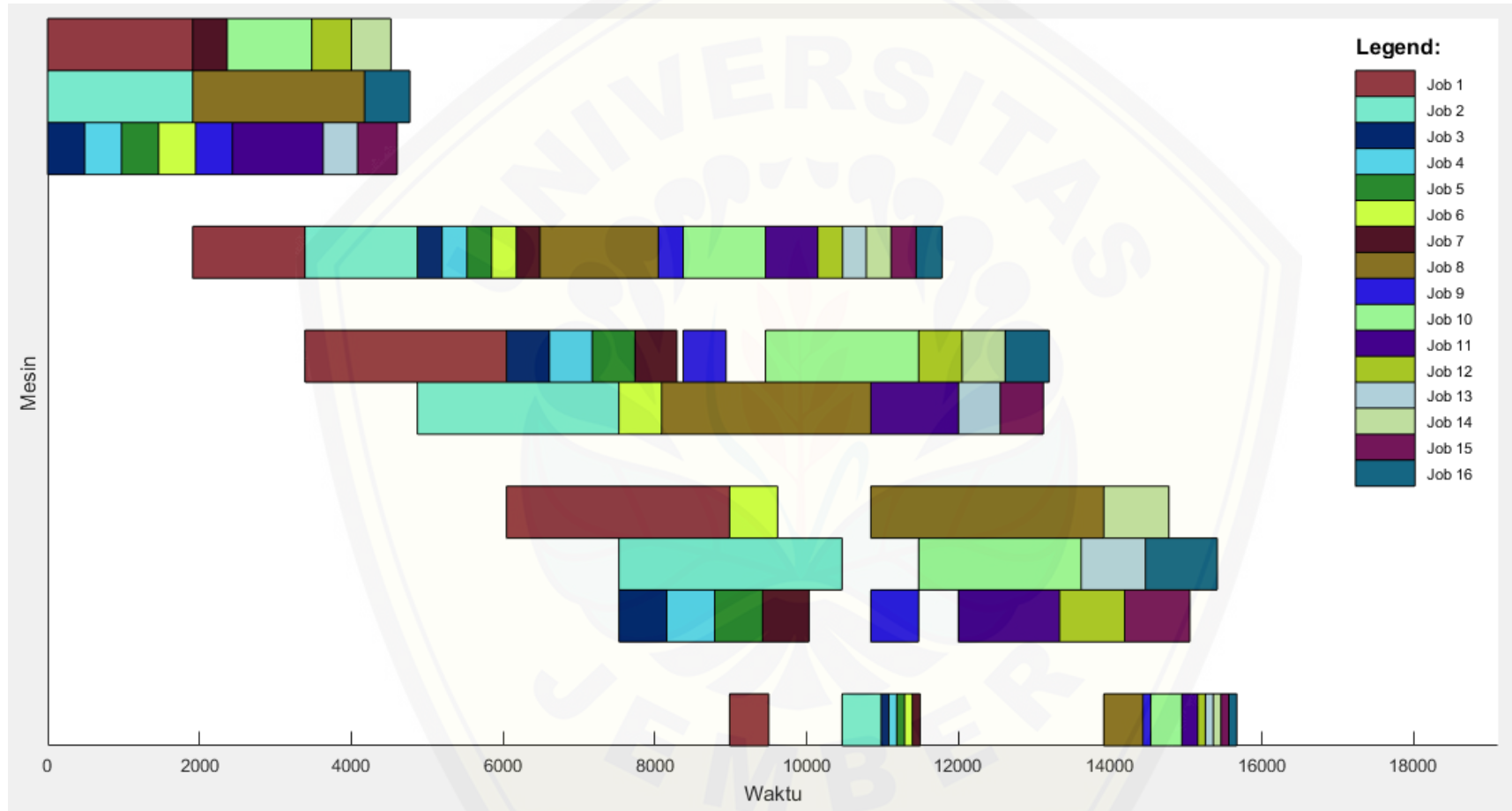
C.3 Hasil Simulasi Akhir Data 5 stage 46 job

Percobaan	Urutan	Makespan	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (detik)	PD _A (%)
1	31-9-19-10-43-42-44-45-36-20-34-40-39-41-35-37-2-38-15-14-30-8-4-24-23-1-	35395	25	4459,7560	3,1022%

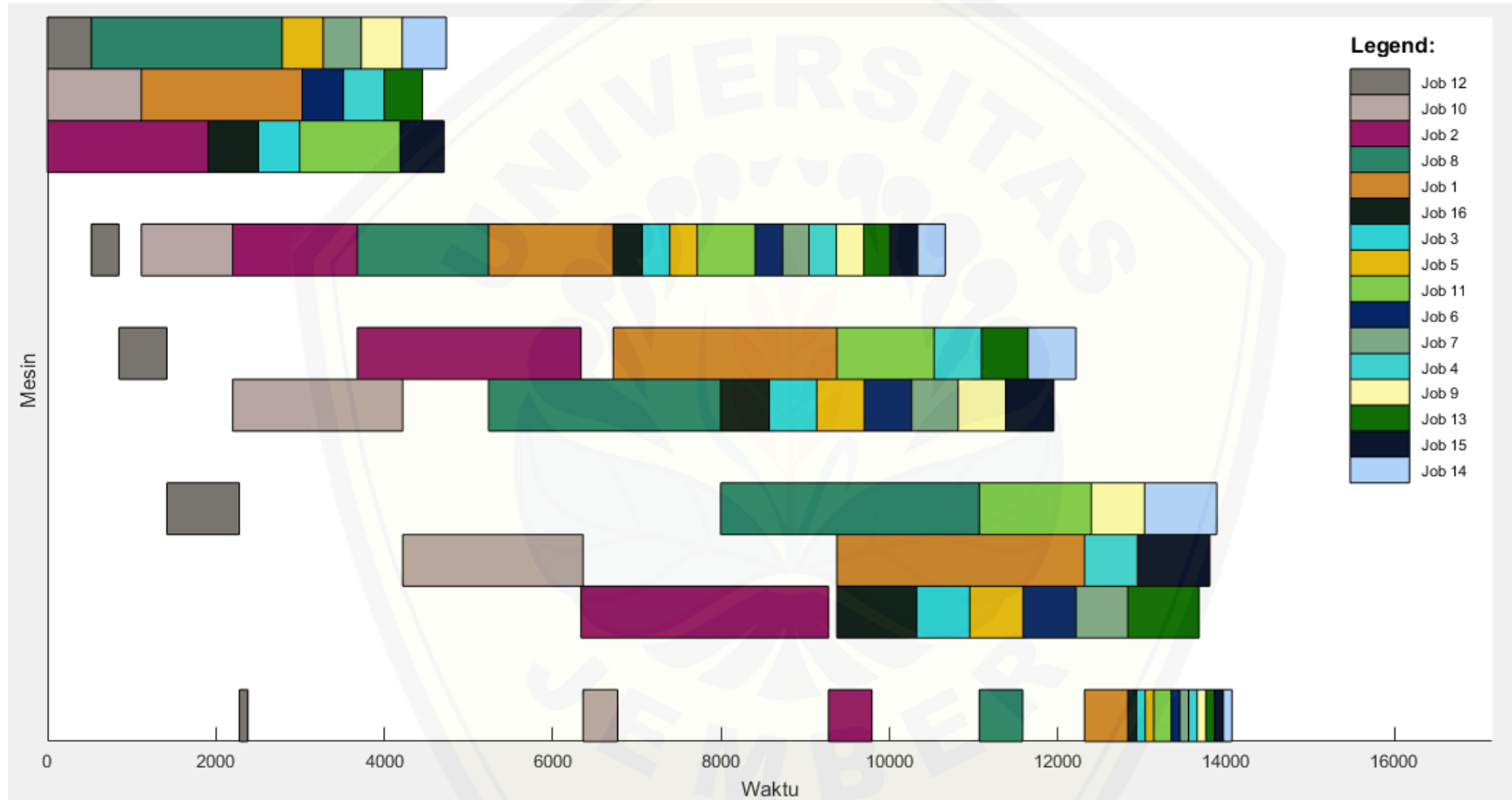
Percobaan	Urutan	Makespan	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (detik)	PD _A (%)
	18-22-46-29-28- 3-11-17-13-21- 25-7-32-12-33-5- 26-6-16-27				
2	10-20-46-45-19- 40-44-37-39-41- 35-18-27-43-5- 23-14-2-36-38- 31-21-29-13-34- 42-3-26-16-22-9- 8-1-30-11-24-28- 33-4-12-6-7-32- 25-15-17	35278	82	4378,4267	2,7614%
3	34-43-46-44-18- 35-45-37-39-41- 36-42-20-40-19- 7-14-25-28-16- 32-38-29-24-3- 22-30-23-33-11- 2-10-21-6-13-12- 4-26-5-17-9-31- 27-15-8-1	35299	105	4297,5180	2,8226%
4	10-20-46-45-19- 40-44-37-39-41- 36-6-18-35-22- 43-38-5-3-42-13- 28-4-25-23-16- 14-8-24-1-2-15- 9-7-33-30-27-11- 21-32-12-26-34- 31-29-17	35258	132	4517,6693	2,7032%
5	34-43-45-44-40- 18-46-19-35-39- 41-28-42-25-8- 20-31-36-37-3- 29-38-2-23-4-10- 14-11-13-21-22- 5-33-16-24-1-12- 17-7-30-26-6-32- 27-15-9	35302	182	4472,4839	2,8313%
6	31-42-36-20-45- 43-40-19-18-34- 10-1-37-35-41-8- 29-21-9-7-46-39- 25-6-14-38-44- 27-23-2-24-30- 22-3-26-12-4-28-	35419	82	4352,4709	3,1722%

Percobaan	Urutan	Makespan	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi (detik)	PD _A (%)
	11-32-5-16-33-17-15-13				
7	10-43-19-20-45-44-36-40-1-35-38-42-34-46-41-11-39-21-7-4-37-30-6-24-22-23-14-5-2-3-31-29-26-15-13-16-32-9-18-27-12-28-33-17-8-25	35507	79	4527,8675	3,4285%
8	19-44-40-35-37-43-39-41-34-10-18-20-1-27-6-36-22-14-46-42-38-17-13-33-31-23-15-8-16-9-25-26-24-30-3-2-12-4-5-11-45-7-32-21-28-29	35506	119	4328,3257	3,4560%
9	10-20-46-45-19-40-44-37-39-41-36-6-18-35-22-43-38-5-3-42-13-28-4-25-23-16-14-8-24-1-2-15-9-7-33-30-27-11-21-32-12-26-34-31-29-17	35258	132	4545,4647	2,7032%
10	31-1-42-18-43-45-19-35-34-37-39-41-21-29-40-10-22-14-46-44-33-38-30-32-25-24-8-28-20-23-11-2-3-7-26-4-6-13-16-5-12-27-15-36-17-9	35365	63	4383,7481	3,0149%

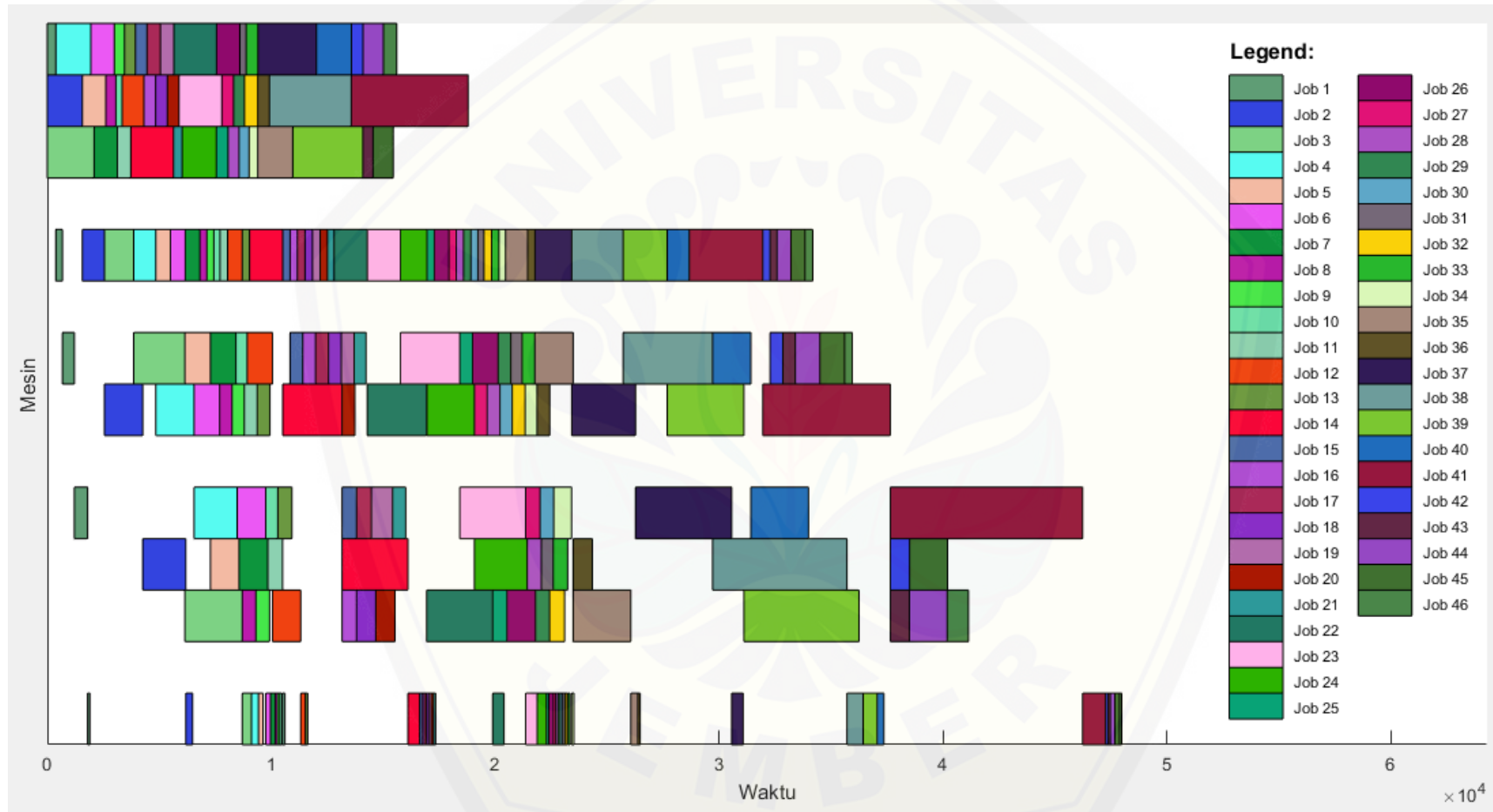
C.4 Diagram gantt 5 stage 16 job hasil makespan perusahaan



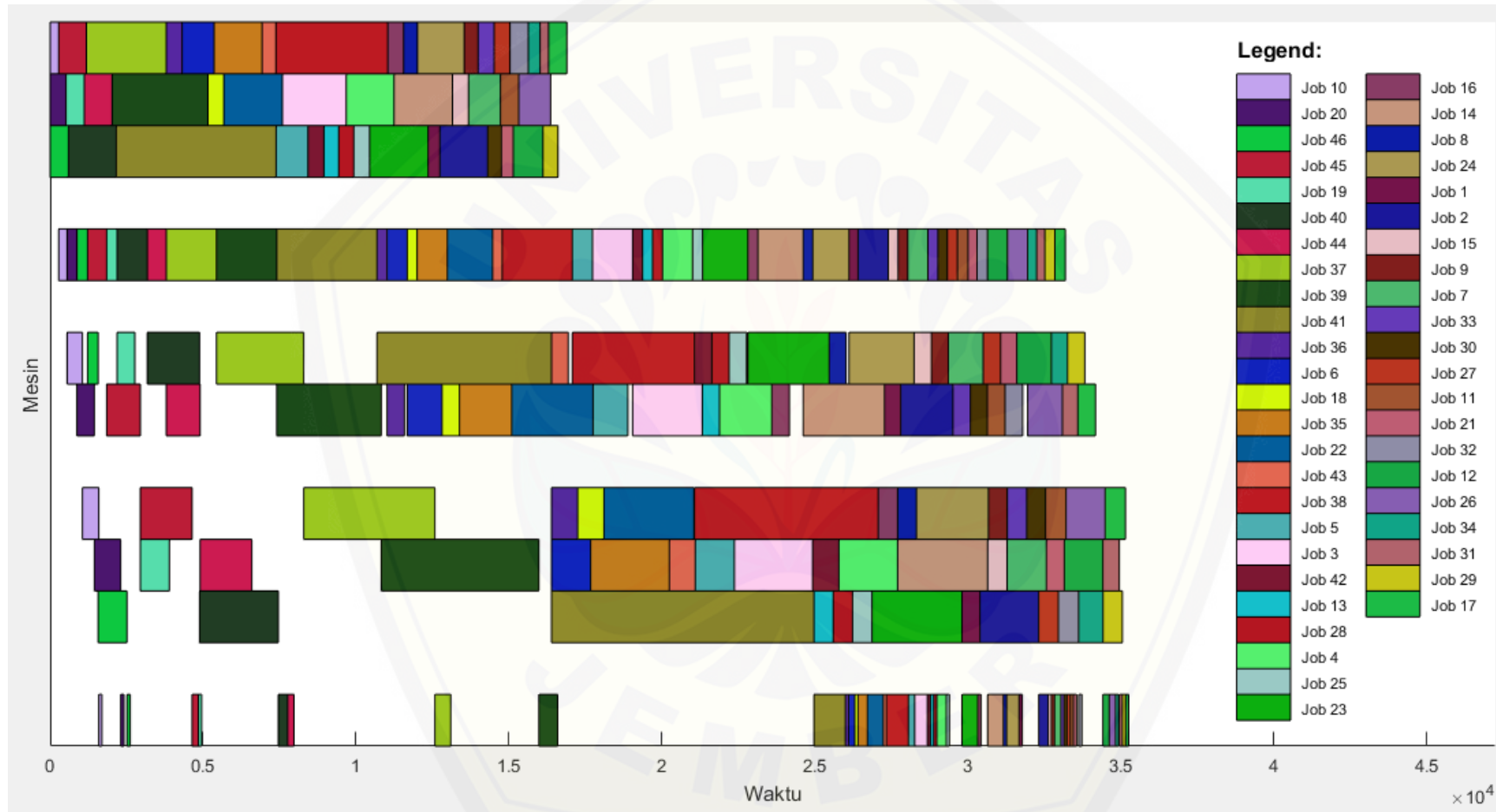
C.5 Diagram gantt 5 stage 16 job hasil makespan algoritma MBO



C.6 Diagram gantt 5 stage 46 job hasil makespan perusahaan



C.7 Diagram gantt 5 stage 46 job hasil makespan algoritma MBO



D. Script program Algoritma MBO untuk permasalahan HFS

D.1 Script proses program

```

tic;
%Data
Time=get(handles.uitable1,'userdata');
Size=get(handles.uitable2,'userdata');
Mesin=get(handles.uitable3,'userdata');
Job=size(Time,2);

%Parameter
Pop=str2num(get(handles.edit1,'string'));
kVal=str2num(get(handles.edit2,'string'));
xVal=str2num(get(handles.edit3,'string'));
MaxIter=str2num(get(handles.edit4,'string'));

%Inisialisasi
for i=1:Pop
    Bird(i,:)=randperm(Job);
    Makespan(i)=MakespanCount(Bird(i,:),Size,Time,Mesin);
end

bestsofar(1)=min(Makespan);
inon=0;
t=0;
while t<MaxIter
    for i=1:Pop
        if i==1 %Leader
            for j=1:kVal
                Ni(j,:,i)=Swap(Bird(i,:));

MakespanN(i,j)=MakespanCount(Ni(j,:,i),Size,Time,Mesin);
            end
            [sortNi,indek]=sort(MakespanN(i,:));
            Ni(:, :, i)=Ni(indek, :, i);
            MakespanN(i,:)=sortNi;
            if MakespanN(i,1)<Makespan(i) %Replacement
                Bird(i,:)=Ni(1,:,i);
                Makespan(i)=MakespanN(i,1);
            end
            for k=1:xVal %Sharing
                Share1(k,:)=Ni(2*k, :, i);
                Share2(k,:)=Ni(2*k+1, :, i);
                MakespanS1(k)=MakespanN(i,2*k);
                MakespanS2(k)=MakespanN(i,2*k+1);
            end
            elseif mod(i,2)==0 %Left side
                for k=1:xVal
                    Ni(k,:,i)=Share1(k,:);
                    MakespanN(i,k)=MakespanS1(k);
                end
                for j=xVal+1:kVal
                    Ni(j,:,i)=Swap(Bird(i,:));

MakespanN(i,j)=MakespanCount(Ni(j,:,i),Size,Time,Mesin);

```

```

end
[sortNi,indek]=sort(MakespanN(i,:));
Ni(:, :, i)=Ni(indek, :, i);
MakespanN(i, :)=sortNi;
if MakespanN(i,1)<Makespan(i) %Replacement
    Bird(i, :)=Ni(1, :, i);
    Makespan(i)=MakespanN(i,1);
end
for k=1:xVal %Sharing
    Share1(k, :)=Ni(k+1, :, i);
end
else %Right side
for k=1:xVal
    Ni(k, :, i)=Share2(k, :);
    MakespanN(i,k)=MakespanS1(k);
end
for j=xVal+1:kVal
    Ni(j, :, i)=Swap(Bird(i, :));
MakespanN(i,j)=MakespanCount(Ni(j, :, i), Size, Time, Mesin);
end
[sortNi,indek]=sort(MakespanN(i,:));
Ni(:, :, i)=Ni(indek, :, i);
MakespanN(i, :)=sortNi;
if MakespanN(i,1)<Makespan(i) %Replacement
    Bird(i, :)=Ni(1, :, i);
    Makespan(i)=MakespanN(i,1);
end
for k=1:xVal %Sharing
    Share2(k, :)=Ni(k+1, :, i);
end
end
end
%Best-so-Far
bestsofar(t+2)=min(Makespan);
if bestsofar(t+2)~=bestsofar(t+1)
    inon=t+1;
end
%Plotting
plot(0:t+1,bestsofar, 'Color',[0 0.447 0.741], 'LineWidth',2);

line(inon,bestsofar(inon+1), 'Marker','s', 'MarkerEdgeColor','k', 'MarkerFaceColor','y', 'MarkerSize',5);
if inon<t*0.75
    text(inon,bestsofar(inon+1), sprintf([' Iter: '
num2str(inon) '\n Cmax: ' num2str(bestsofar(inon+1)) '\n\n']));
else
    text(inon,bestsofar(inon+1), sprintf(['\n\n Iter: '
num2str(inon) '\n Cmax: '
num2str(bestsofar(inon+1))]), 'HorizontalAlignment', 'Right');
end
ylim([min(bestsofar)-0.04*max(bestsofar) max(bestsofar)]);
xlabel('Iterasi'); ylabel('Makespan (Cmax)');
pause(0.0001);
%NextIter
t=t+1;

```



```

end
best=find(Makespan==min(Makespan));
urutan=Bird(best(1),:);
ur='';
for i=1:Job-1
    ur=[ur num2str(urutan(i)) '-'];
end
ur=[ur num2str(urutan(end))];
set(handles.listbox1,'string',char({'Urutan
Job: ';ur}),'UserData',urutan);
PDA=eval_PDA(bestsofar(end),Time,Size,Mesin);
set(handles.text9,'string',[num2str(toc) ' detik']);
set(handles.text11,'string',[num2str(PDA) ' %']);

```

D.2 Script program untuk menghitung *makespan*

```

function
[Makespan,StartTime,EndTime,Placement]=MakespanCount(Flow,Size,Time,Machine)
Job=length(Flow);
Stage=size(Size,1);
StartTime=zeros(Stage,Job);
EndTime=zeros(Stage+1,Job);
Placement=cell(Stage,Job);
for i=1:Stage
    StageTime=zeros(Machine(i),1);
    for j=1:Job
        T1=max(StartTime(i,:));
        T2=EndTime(i,Flow(j));
        [minstage, index]=sort(StageTime);
        T3=max(minstage(1:Size(i,Flow(j)))));
        temp=index(1:Size(i,Flow(j)));
        StartTime(i,Flow(j))=max([T1 T2 T3]);
        EndTime(i+1,Flow(j))=StartTime(i,Flow(j))+Time(i,Flow(j));
        StageTime(temp)=EndTime(i+1,Flow(j));
        Placement{i,Flow(j)}=temp;
    end
end
Makespan=max(EndTime(end,:));

```

D.3 Script program untuk mengevaluasi nilai PDA

```

function PDA=eval_PDA(makespan,time,Size,mesin)
%hitung Lower Bound
for i=1:size(time,1)
    M1(i)=ceil(1/mesin(i)*sum(time(i,:).*Size(i,:)));
    Ai=find(Size(i,*)>mesin(i)/2);
    Bi=find(Size(i,*)<=mesin(i)/2);

    M2(i)=sum(time(i,Ai))+ceil(1/mesin(i)*sum(time(i,Bi).*Size(i,Bi)));
;
    aa1=1:i-1;
    if length(aa1)==1
        min1=min(time(aa1,:));
    elseif length(aa1)>1

```

```

        min1=min(sum(time(aa1,:)));
    else
        min1=0;
    end
    aa2=i+1:size(time,1);
    if length(aa2)==1
        min2=min(time(aa2,:));
    elseif length(aa2)>1
        min2=min(sum(time(aa2,:)));
    else
        min2=0;
    end
    LB1(i)=min1+max(M1(i),M2(i))+min2;
end
LB1;
LB=max(LB1);
PDA=100*(makespan-LB)/LB;

```

D.4 Script program untuk menampilkan diagram *gantt*

```

function GanttChart(Flow, StartTime, EndTime, Placement, Machine)
[Stage, Job]=size(StartTime);
numMac=sum(Machine)+length(Machine)-1;
color=rand(Job,3);
for i=1:Stage
    for j=1:Job
        Place=numMac-(Placement{i,j}+sum(Machine(1:i-1))+i-1);
        for k=1:length(Place)
            patch([StartTime(i,j) EndTime(i+1,j) EndTime(i+1,j)
StartTime(i,j)],...
                [Place(k) Place(k) Place(k)+1
Place(k)+1],color(j,:));
        end
    end
end
set(gca,'YTick',[0]);
text(1.1*max(EndTime(end,:)),numMac-
0.5,'Legend:', 'FontSize',12, 'FontWeight','bold');
numCol=ceil(Job/25);
for i=1:Job
    j=mod(i-1,25)+1;
    k=ceil(i/25);
    yc=(numMac-1)/(26);
    xc=[(1.1+(k-1)*0.12)*max(EndTime(end,:)) (1.15+(k-
1)*0.12)*max(EndTime(end,:))];
    patch([xc(1) xc(2) xc(2) xc(1)], [yc*(26-j) yc*(26-j) yc*(27-j)
yc*(27-j)],color(Flow(i),:));
    text((1.16+(k-1)*0.12)*max(EndTime(end,:)),yc*(26.5-j), ['Job '
num2str(Flow(i))], 'FontSize',8);
end
xlim([0 (1.1+numCol*0.12)*max(EndTime(end,:))]); ylim([0 numMac]);
xlabel('Waktu'); ylabel('Mesin');

```