



**IMPLEMENTASI ALGORITMA *TABU-SEARCH*
DAN ALGORITMA *CAMPBELL, DUDEK, SMITH*
DALAM PENJADWALAN *FLOWSHOP***

SKRIPSI

Oleh :

**Santica Yuniariski
NIM 081810101039**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**IMPLEMENTASI ALGORITMA *TABU- SEARCH*
DAN ALGORITMA *CAMPBELL, DUDEK, SMITH*
DALAM PENJADWALAN *FLOWSHOP***

SKRIPSI

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

Oleh :

**Santica Yuniariski
NIM 081810101039**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan segala puji bagi Allah yang dengan nikmat-Nya sempurnalah semua kebaikan, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda dan ayahanda tercinta, terima kasih banyak atas doa, kasih sayang tanpa batas, perhatian, dan segala kebaikan yang telah diberikan, semoga Allah selalu mendekap erat dengan kasih sayang-Nya;
2. Adikku yang selalu memberi dukungan, nasehat, keceriaan, dan inspirasi;
3. para pengajar dan pendidik sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu serta membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Almater Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.

MOTTO

“Jika kau mampu bermimpi, kau mampu mewujudkannya”
(Walt Disney, animator, produser, sutradara, dan Pendiri The Walt Disney
Company)*

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai
(dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain
(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6-7)**)

*) www.brainyquotes.com/quotes/authors/walt_disney/

**) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Quran dan Terjemahannya*. Semarang: PT
Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SanticaYuniariski

NIM : 081810101039

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Implementasi Algoritma *Tabu-Search* dan Algoritma *Campbell, Dudek, Smith* dalam Penjadwalan *Flowshop*” 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, 9 Juli 2015

Yang menyatakan,

SanticaYuniariski
NIM. 081810101039

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *TABU-SEARCH*
DAN ALGORITMA *CAMPBELL, DUDEK, SMITH*
DALAM PENJADWALAN *FLOWSHOP***

Oleh

Santica Yuniariski
NIM 081810101039

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom.

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

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Implementasi Algoritma *Tabu-Search* dan Algoritma *Campbell, Dudek, Smith* Dalam Penjadwalan *Flowshop*” telah diuji dan disahkan pada :
hari,tanggal :
tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom.
NIP.197211291998021001

Kusbudiono, S.Si.,M.Si.
NIP.197704302005012001

Penguji I,

Penguji II,

M. Ziaul Arif, S.Si., M.Sc.
NIP. 198501112008121002

Ika Hesti Agustin, S.Si., M.Si.
NIP. 198408012008012006

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Implementasi Algoritma *Tabu-Search* dan Algoritma *Campbell, Dudek, Smith* dalam Penjadwalan *Flowshop*. Santica Yuniariski, 081810101039; 2015: 72 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kinerja suatu perusahaan akan maksimal jika perusahaan tersebut tidak hanya memaksimalkan penggunaan sumber daya yang ada dengan memperhatikan faktor-faktor lain. Perusahaan juga perlu membuat perencanaan kerja yang matang sehingga perlu dilakukan penjadwalan produksi yang baik. Salah satu permasalahan penjadwalan yang umum ditemui adalah penjadwalan *flowshop*. Dalam pengaplikasian ilmu Matematika terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan penjadwalan produksi *flowshop*, diantaranya adalah Algoritma *Campbell, Dudek, Smith* (CDS) dan *Tabu-Search* (TS). Oleh karena itu penulis akan meneliti dan membandingkan algoritma *Tabu-Search* (TS) dengan algoritma *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS) agar dapat memberi pembuktian secara fisik dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan *flowshop*. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah melakukan penjadwalan *flowshop* menggunakan algoritma TS dan algoritma CDS untuk mendapatkan nilai *makespan* minimum selanjutnya membandingkan kedua algoritma tersebut agar diperoleh algoritma yang lebih sesuai dalam menyelesaikan masalah penjadwalan.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah, yaitu dimulai dengan mengumpulkan berbagai literatur tentang algoritma TS dan algoritma CDS dari internet ataupun buku-buku yang berhubungan dengan kedua algoritma tersebut. Langkah yang kedua adalah pengambilan dan pengumpulan data tentang lamanya waktu yang dibutuhkan 5 mesin untuk memproduksi 9 jenis jamu instan dalam industri rumahan pembuat jamu instan Sari Hutani, Jember. Pada langkah ini penulis menggunakan data sekunder dari skripsi sebelumnya di FMIPA Universitas Jember.

Langkah yang ketiga adalah menerapkan metode TS dan metode CDS dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Langkah penelitian berikutnya adalah pembuatan program yang menggunakan *software* matematika yaitu MATLAB. Pada langkah ini, penulis akan membuat skrip program dan desain program berupa tampilan GUI berdasarkan kedua metode yang digunakan. Langkah terakhir yang dilakukan adalah membandingkan kedua metode berdasarkan nilai *makespan* terkecil dari penjawalan *flowshop* yang terpilih sebagai informasi kepada pembaca.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa metode TS dan metode CDS merupakan metode yang dapat digunakan untuk menentukan penjadwalan suatu system produksi, dan berdasarkan hasil analisa kedua metode tersebut menghasilkan nilai *makespan* yang sama yaitu 925. Namun, berdasarkan hasil perhitungan, metode TS menghasilkan banyak pilihan penjadwalan yang dapat dilihat pada beberapa iterasi yang dihasilkan, ada beberapa menghasilkan nilai *makespan* yang sama dalam satu iterasi dan dalam pemilihannya tidak ada acuan khusus penjadwalan manakah yang lebih tepat untuk dipilih. Sedangkan metode CDS, dalam melakukan pengurutan penjadwalan melalui tahapan yang jelas berbeda dengan tahapan metode TS sehingga hasil yang diperoleh dapat langsung memiliki satu pilihan dan untuk menentukan manakah penjadwalan yang terbaik harus mengacu pada 2 nilai yang diperhitungkan seperti nilai *makespan* dan nilai *flowtime* yang paling kecil. Sehingga berdasarkan beberapa penjelasan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa metode CDS lebih sesuai dalam penentuan penjadwalan terbaik dalam suatu proses produksi.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Algoritma *Tabu-Search* dan Algoritma *Campbell, Dudek, Smith* dalam Penjadwalan *Flowshop*”. Penyusunan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapat banyak dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, tak lupa penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D. selaku Dekan Fakultas MIPA;
2. Bapak Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Kusbudiono, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Bapak M. Ziaul Arif, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Penguji I dan Ibu Ika Hesti Agustin, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
4. Ibu Agustina Pradjaningsih, S.Si., M.Si. dan Ibu Dian Aggraini, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing Akademik selama penulis menjadi mahasiswa Matematika MIPA;
5. Ibunda Purwati dan Ayahanda Bambang Sunaryo tercinta serta Adekku Yunita Dwi Irmaya Safitri yang telah memberikan dukungan, doa, perhatian, dan kasih sayang tanpa batas;
6. Arif Sugiharto yang sabar dan penuh pengertian dalam menemani serta mendukung segala usaha untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
7. Sahabatku yang selalu memberi semangat, pendengar yang baik, dan saling mengingatkan banyak hal;

8. teman-temanku angkatan 2008 yang selalu siap membantu, mendengarkan keluhan kesah, dan memberi semangat;
9. semua pihak yang turut membantu demi kelancaran skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 9 Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Definisi Penjadwalan	4
2.2 Diagram Gant (Gantt Chart)	6
2.3 Algoritma Tabu-Search (TS)	7
2.4 Aturan Johnson (Johnson Rule)	11
2.5 Algoritma Campbell, Dudek and Smith (CDS)	12
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Data Penelitian	15
3.2 Langkah-Langkah Penelitian	16

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil	19
4.1.1 Langkah-Langkah Penyelesaian Metode TS	19
4.1.2 Langkah-Langkah Penyelesaian Metode CDS	24
4.1.3 Langkah-Langkah Menjalankan Program Matlab	28
4.2 Pembahasan	33
BAB 5. PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Data Awal Pekerjaan dengan <i>Due Date</i> dan Penalti Keterlambatan	8
2.2 Data Awal Pekerjaan tanpa <i>Due Date</i> dan Penalti Keterlambatan	8
2.3 Ilustrasi Daftar Pekerjaan	11
2.4 Daftar Awal Pekerjaan	13
2.5 Ilustrasi Runtutan Pekerejaan	13
3.1 Data ProduksiJamuInstan Sari Hutani	15
4.1 Data Waktu Proses Produksi Jamu Instan Sari Hutani	20
4.2 Tabel Awal Metode TS	20
4.3 SolusiAwalMetode TS	21
4.4 Nilai <i>Makespan</i> Setiap Solusi Tetangga Iterasi 1	22
4.5 Nilai <i>Makespan</i> Setiap Solusi Tetangga Iterasi 2	23
4.6 Tabel Awal Metode CDS	24
4.7 Waktu Proses Untuk Set $K = 1$	24
4.8 Urutan Pekerjaan Berdasarkan Set $K = 1$	24
4.9 Perhitungan <i>Makespan</i> dan <i>FlowTime</i> Untuk Set $K = 1$	25
4.10 Waktu Proses Untuk Set $K = 2$	25
4.11 Urutan Pekerjaan Berdasarkan Set $K = 2$	25
4.12 Perhitungan <i>Makespan</i> dan <i>FlowTime</i> Untuk Set $K = 2$	26
4.13 Waktu Proses Untuk Set $K = 3$	26
4.14 Urutan Pekerjaan Berdasarkan Set $K = 3$	26
4.15 Perhitungan <i>Makespan</i> dan <i>FlowTime</i> Untuk Set $K = 3$	27
4.16 Waktu Proses Untuk Set $K = 4$	27
4.17 Urutan Pekerjaan Berdasarkan Set $K = 4$	27
4.18 Perhitungan <i>Makespan</i> dan <i>FlowTime</i> Untuk Set $K = 4$	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pola Aliran <i>Jobshop</i>	5
2.2 <i>Gantt Chart</i>	7
3.1 Skema Langkah-Langkah Penelitian	16
4.1 Tampilan Awal Program	28
4.2 Tampilan Perhitungan Algoritma TS dan CDS	29
4.3 Tampilan <i>Insert Data</i>	30
4.4 Tampilan Hasil <i>Input Data</i>	30
4.5 Tampilan Hasil Perhitungan Metode TS dan CDS	31
4.6 Tampilan Diagram <i>Gantt</i> Metode CDS	31
4.7 Hasil Perhitungan Metode TS	32
4.8 Tampilan Diagram <i>Gantt</i> Metode TS	32

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kinerja suatu perusahaan akan maksimal jika perusahaan tersebut tidak hanya memaksimalkan penggunaan sumber daya yang ada dengan memperhatikan faktor-faktor lain. Perusahaan juga perlu membuat perencanaan kerja yang matang sehingga perusahaan dapat memberikan pelayanan yang terbaik terhadap konsumen melalui pengiriman barang dengan tepat waktu dan dapat menyelesaikan produksi sesuai tanggal jatuh tempo.

Perencanaan kinerja yang matang dapat dilakukan dengan membuat penjadwalan produksi yang baik. penjadwalan merupakan proses pengambilan keputusan yang peranannya sangat penting dalam industri manufaktur dan jasa. Salah satu permasalahan penjadwalan yang umum ditemui adalah pejadwalan *flowshop*. penjadwalan *flowshop* yaitu pemrosesan sejumlah barang dengan mengatur urutan pekerjaan yang dimiliki dengan urutan sama disetiap mesin. Performansi yang menjadi criteria pada proses penjadwalan diantaranya adalah minimasi waktu penyelesaian pekerjaan dan minimasi keterlambatan *job* (Baker, 1974).

Dalam pengaplikasian ilmu Matematika telah dikembangkan metode optimasi yang menghasilkan beberapa pendekatan baru dalam menyelesaikan penjadwalan produksi *flowshop*. Beberapa algoritma penjadwalan yang dapat menyelesaikan penjadwalan *flowshop* misalnya Algoritma *Campbell, Dudek, Smith (CDS)*, *Tabu Search (TS)*, *Cross Entropy (CE)*, *Dennenbring, Nawas, enscoredan ham (NEH)*, Algoritma *Genetika (AG)* serta masih banyak metode lainnya yang tujuannya meminimalkan total waktu penyelesaian pekerjaan (*makespan*).

Beberapa penelitian sebelumnya tentang penjadwalan *flowshop*, dilakukan oleh Risha (2013) yang mengkaji algoritma *Tabu Search (TS)* dan algoritma *Hochang (HS)* pada industri Jamu instan Sari Hutani. Pada kajian tersebut dihasilkan *makespan* algoritma *Tabu Search* lebih baik dan lebih efektif dibandingkan algoritma

Ho-Chang (HS). Pada penelitian lain, dilakukan oleh Junaidi (2004) yang mengkaji penggunaan algoritma CDS, Algoritma *Dannenbring* dan Algoritma *Palmer* Pada penjadwalan produksi di PT. Timur Selatan Pare. Pada kajian tersebut dihasilkan makespan algoritma CDS lebih baik dibandingkan Algoritma *Dannenbring* dan Algoritma *Palmer*.

Dari beberapa penjelasan di atas, penulis akan meneliti dan membandingkan algoritma *Tabu-Search* (TS) dengan algoritma *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS) agar dapat memberi pembuktian secara fisik dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan *flowshop*. Algoritma TS merupakan algoritma yang ringkas dalam penentuan urutan pekerjaan dengan nilai *makespan* yang minimum. Sedangkan Algoritma CDS terdapat kemungkinan dihasilkan urutan penjadwalan lebih dari satu dengan nilai *makespan* yang minimum.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi kali ini adalah :

1. Bagaimana menerapkan algoritma TS dan algoritma CDS dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi pada industri rumahan jamu instan Sari Hutani dengan *makespan* yang minimum
2. Bagaimana Hasil program dengan algoritma TS dan CDS dalam menyelesaikan permasalahan *flowshop*
3. Bagaimana menganalisa performa dari kedua algoritma dengan nilai *makespan* minimum yang dihasilkan

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah melakukan penjadwalan *flowshop* menggunakan algoritma TS dan algoritma CDS untuk mendapatkan nilai *makespan* minimum selanjutnya membandingkan kedua algoritma tersebut agar diperoleh algoritma manakah yang lebih sesuai dalam menyelesaikan masalah penjadwalan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan skripsi ini adalah dapat memberi informasi kepada pembaca tentang algoritma TS dan CDS. serta perbedaan dari kedua algoritma tersebut dalam menyelesaikan penjadwalan *flowshop* sehingga diperoleh nilai *makespan* yang minimum dan algoritma manakah yang lebih sesuai untuk penentuan penjadwalan suatu proses produksi.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Penjadwalan

Penjadwalan adalah optimasi dalam mencari *makespan* (total waktu penyelesaian pekerjaan) dengan mencari urutan pekerjaan yang tepat. Penjadwalan mempunyai beberapa elemen penting yang harus diperhatikan seperti *job* dan mesin serta hubungan yang terjadi diantaranya. *Job* dapat didefinisikan sebagai suatu pekerjaan yang harus diselesaikan untuk mendapatkan suatu produk dan biasanya terdiri dari beberapa operasi yang harus dikerjakan (minimal 1 operasi). Sedangkan mesin adalah sumber daya yang diperlukan untuk mengerjakan proses penyelesaian suatu *job*. Setiap mesin hanya dapat memproses satu tugas pada saat tertentu.

Salah satu faktor penting dalam sistem produksi adalah bagaimana melakukan pengaturan dan penjadwalan *job*, agar pesanan dapat selesai sesuai dengan kontrak. Di samping itu sumber daya yang tersedia dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin. Selain itu, persoalan penjadwalan akan timbul jika beberapa *job* akan dikerjakan bersamaan, sedangkan sumber daya seperti mesin (peralatan) jumlahnya terbatas. Untuk mencapai hasil yang optimal dengan keterbatasan sumber daya yang dimiliki, maka diperlukan adanya penjadwalan sumber-sumber tersebut secara efisien. Salah satu usaha untuk mencapai tujuan di atas adalah melakukan penjadwalan proses produksi yang terencana. Berdasarkan aliran prosesnya, model penjadwalan dapat dibagi menjadi 2, yaitu (Ginting, 2009):

a. Penjadwalan *flowshop*

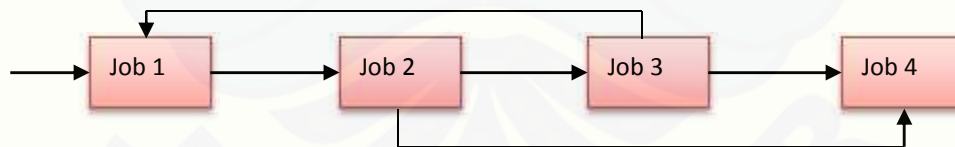
dimana *job* akan diproses seluruhnya dan mengalir pada arah jalur produk yang sama. *Flowshop* adalah proses produksi dengan aliran dari satu mesin ke mesin lain. Walaupun pada *flowshop* semua tugas akan mengalir pada jalur produksi yang sama (*pure flowshop*), tetapi dapat juga berbeda dalam dua hal. Pertama, jika *flowshop* dapat menangani tugas yang bervariasi. Kedua, jika tugas yang datang ke dalam *flowshop* tidak harus dikerjakan pada semua jenis mesin. Jenis *flowshop* seperti ini

disebut *general flowshop*. *Flowshop* menjadwalkan proses produksi dari masing-masing n job yang mempunyai urutan proses produksi dan melalui m mesin yang sama. Adapun beberapa masalah kritis pada *flowshop* adalah sebagai berikut (Baker, 1974):

1. Pengelompokkan tugas-tugas pada stasiun-stasiun kerja sehingga dapat dicapai tingkat kesetimbangan pada *output* dan memenuhi pembatasan urutan.
2. Ketegangan yang diakibatkan susunan alir ini terhadap pekerja. Pekerja akan bosan karena terbatasnya variasi kerja pada setiap stasiun dan panjang rentang pengendalian sepanjang lintasannya. Prioritas order *flowshop* dipengaruhi oleh pengirimannya dibandingkan tanggal pemrosesan (dengan syarat: *flowshop* digunakan khusus hanya untuk satu jenis produk). Permasalahan lain pada penjadwalan *flowshop* adalah ketegangan yang diakibatkan susunan aliran ini terhadap pekerja
3. Penjadwalan *jobshop*, dimana tiap operasi memiliki aliran yang berbeda.

b. Penjadwalan *Jobshop*

Penjadwalan *jobshop* adalah pola alir dari N job melalui M mesin dengan pola alir sembarang. Selain itu penjadwalan *jobshop* dapat berarti setiap *job* dapat dijadwalkan pada satu atau beberapa mesin yang mempunyai pemrosesan sama atau berbeda. Adapun aliran kerja *jobshop* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pola Aliran *Jobshop*

Penjadwalan *jobshop* berbeda dengan penjadwalan *flowshop*, hal ini disebabkan beberapa hal sebagai berikut (Berlianty & Arifin, 2010):

1. *Jobshop* menangani variasi produk yang sangat banyak, dengan pola aliran yang berbeda-beda melalui pusat-pusat kerja.

2. Peralatan *jobshop* dapat digunakan bersama oleh bermacam-macam order dalam prosesnya, sedangkan peralatan pada *flowshop* digunakan khusus hanya satu jenis produk.
3. *Job-job* yang berbeda mungkin ditentukan oleh prioritas yang berbeda pula. Hal ini mengakibatkan order tertentu yang dipilih harus diproses seketika pada saat *order* tersebut ditugaskan pada suatu pusat kerja. Sedangkan pada *flowshop* tidak terjadi permasalahan seperti di atas karena keseragaman *output* yang diproduksi untuk persediaan. Prioritas *order flowshop* dipengaruhi terutama pada pengirimannya dibandingkan tanggal pemrosesan.

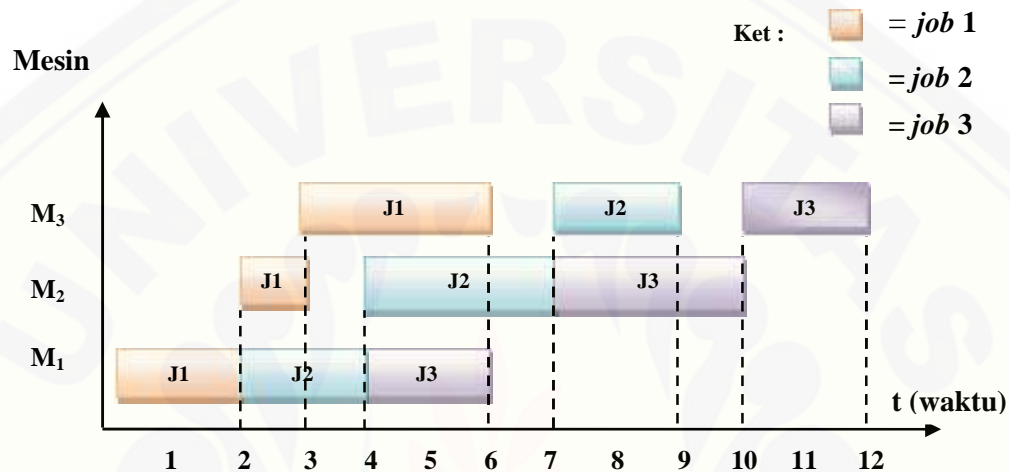
Faktor-faktor tersebut menghasilkan sangat banyak kemungkinan kombinasidari pembebanan (*loading*) dan urutan-urutan (*sequencing*). Perhitungan dari identifikasi dan evaluasi jadwal-jadwal yang mungkin menjadi sulit sehingga banyak perhatian diarahkan pada riset penjadwalan *job shop*. Selain itu, persiapan suatu penjadwalan *job shop*, penyesuaian dan pembaharuannya membutuhkan investasi yang besar untuk fasilitas komputer.

2.2 Diagram Gantt (*Gantt Chart*)

Diagram *Gantt* merupakan alat bantu yang dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah penjadwalan dengan satu model yang sederhana dan umum digunakan secara luas. Diagram *Gantt* pertama kali diperkenalkan oleh Henry Laurence Gantt pada tahun 1916. Diagram *Gantt* merupakan grafik hubungan antara alokasi sumber daya dengan waktu. Pada sumbu vertikal digambarkan jenis sumber daya yang digunakan dan sumbu horizontal digambarkan satuan waktu. Diagram *Gantt* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2. Adapun keuntungan menggunakan diagram *Gantt* adalah sebagai berikut (Ginting, 2009):

- a. Dalam situasi keterbatasan sumber, penggunaan diagram *Gantt* memungkinkan evaluasi lebih awal mengenai penggunaan sumber daya seperti yang telah direncanakan.

- b. Kemajuan pekerjaan mudah diperiksa pada setiap waktu karena sudah tergambar dengan jelas.
- c. Semua pekerjaan diperlihatkan secara grafis dalam suatu diagram yang mudah dipahami.



Gambar 2.2 Gantt chart

2.3 Algoritma *Tabu-Search* (TS)

Algoritma TS diperkenalkan pertama kali oleh Fred Glover pada tahun 1986. Ide dasar algoritma TS adalah metode optimasi berdasarkan *local search* dimana telah sukses diaplikasikan untuk memecahkan banyak permasalahan kombinatorial. Algoritma TS menemukan solusi yang mendekati optimal dari sebuah masalah dengan jalan melakukan *move* (perpindahan). Sebagian solusi yang pernah dibangkitkan ditandai sebagai “tabu” (dalam ejaan lain adalah “taboo” yang berarti daerah terlarang), sehingga algoritma TS tidak akan mengunjungi solusi tersebut secara berulang-ulang. Hal ini membuat algoritma TS lebih efisien dalam hal usaha dan efisiensi waktu (Wahyu, 2011).

Algoritma TS telah banyak diaplikasikan untuk penyelesaian berbagai jenis permasalahan, seperti *Traveling Salesman Problem* (TSP), *Integer Programming Problem*, *Flowshop Scheduling Problem* (FSP), *Jobshop Scheduling Problem* (JSP).

Kelebihan TS terletak pada struktur memori yang fleksibel sehingga sering disebut *tabu list* (memori). Struktur memori itu akan memperbolehkan pencarian terus dilakukan meskipun solusi yang diperoleh saat ini tidak ada yang lebih baik dari solusi terbaik yang diperoleh. Struktur memori tersebut juga mampu menjaga agar proses pencarian tidak jatuh pada optimal lokal yang pernah muncul pada pencarian sebelumnya. Adanya struktur memori fleksibel ini yang membedakan TS dengan *Branch and Bound* yang menggunakan struktur memori kaku atau *Simulated Annealing* yang tidak menggunakan struktur memori (Glover,1990)

Tahapan algoritma TS dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi *flowshop* adalah sebagai berikut:

- a. Membuat tabel awal dari data penjadwalan suatu pekerjaan yang akan diteliti, dimana pada penerapan TS data awal yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Data Awal Pekerjaan dengan *Due Date* dan Penalti Keterlambatan

nama A _i	jumlah dengan				due date	penalti K _i
P_i	G_{xy}				D_i	W_i
P_1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1n}	D_1	W_1
P_2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2n}	D_2	W_2
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots		
P_i	c_{i1}	c_{i2}	...	c_{in}	D_i	W_i
P_n	c_{n1}	c_{n2}	...	c_{nn}	D_n	W_n

Tabel 2.2 Data Awal Pekerjaan tanpa *Due Date* dan Penalti Keterlambatan

nama A _i	jumlah dengan			
P_i	G_{xy}			
P_1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1n}
P_2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
P_i	c_{i1}	c_{i2}	...	c_{in}
P_n	c_{n1}	c_{n2}	...	c_{nn}

dimana :

P_x = Banyaknya pekerjaan yang akan dijadwalkan

C_{xy} = Waktu yang dibutuhkan mesin untuk menyelesaikan pekerjaan

D_x = Batas waktu penyelesaian sebuah pekerjaan (*Due Date*)

W_x = Toleransi keterlambatan proses penyelesaian (Penalti keterlambatan)

x = Banyaknya pekerjaan yang akan dijadwalkan ($x = 1, 2, \dots, n$)

y = Banyak mesin yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan
($y = 1, 2, \dots, m$).

b. Menentukan solusi awal $x = 1, 2, \dots, n$ dengan $T = a$, dimana terlebih dahulu dilakukan beberapa langkah sebagai berikut (Jika diketahui *due date* dan toleransi keterlambatannya):

- 1) Menentukan terlebih dahulu runtutan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$C_x = c_x + c_{x-1} \quad (2.1)$$

dimana, $c_x = \sum_{y=1}^m c_{xy}$

C_x : Runtutan waktu penyelesaian sebuah pekerjaan

- 2) Menentukan nilai *tardiness* yang merupakan ukuran waktu keterlambatan pada penyelesaian suatu pekerjaan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2.

$$T_x = C_x - D_x \quad (2.2)$$

- 3) Menentukan nilai makespannya yang merupakan total waktu penyelesaian pekerjaan pertama sampai terakhir dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$T = \sum_{x=1}^n W_x \cdot T_x \quad (2.3)$$

- 4) Nilai T merupakan nilai makespan pada solusi awal.

Jika tidak diketahui *due date* dan toleransi keterlambatannya, maka solusi awal dapat dicari dengan langsung menghitung nilai *makespannya* sebagai solusi awal menggunakan persamaan 2.4.

$$T_{x1} = \sum_{x=1}^m C_{x1}$$

$$T_{1y} = \sum_{y=1}^n C_{1y}$$

(2.4)

$$T = \max(C_{x-1,y}, C_{x,y-1}) + C_{xy}$$

dimana T merupakan nilai *makespan*nya.

c. Melakukan proses iterasi terhadap solusi tetangga dengan melakukan beberapa langkah sebagai berikut:

1) Iterasi 1

$$i = 1, 2, 3, \dots, n \quad T = a$$

2) Solusi tetangga yang dimaksud adalah menukar sebuah posisi pekerjaan dengan salah satu pekerjaan lainnya seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.5.

$$\begin{array}{c} i = 1, 3, \dots, 1, \\ i = 2, 2, 1, \dots, n-1, n \\ \vdots \\ i = 1, 2, 3, \dots, n, n-1 \end{array}$$

(2.5)

3) Cari nilai T dengan mengulangi langkah a dan b.

d. Pilih solusi tetangga terbaik dengan nilai *makespan* terkecil, kemudian dilanjutkan dengan iterasi yang kedua dengan mengulangi langkah c.

e. Ulangi langkah c dan d hingga tidak ada lagi nilai *makespan* yang lebih kecil dari nilai *makespan* yang pada iterasi sebelumnya. Dalam hal ini dapat dilakukan hingga beberapa iterasi sampai mendapatkan nilai *makespan* terkecil.

f. Menentukan global minimum dengan nilai *makespan* terkecil pada iterasi yang terakhir sebagai solusi terbaik pada permasalahan penjadwalan suatu pekerjaan.

2.4 Aturan Johnson (Johnson Rule)

Aturan *Johnson* adalah suatu aturan meminimumkan *makespan* 2 mesin yang disusun paralel dan saat ini menjadi dasar teori penjadwalan. Permasalahan *johnson* diformulasikan dengan *job j* yang diproses pada 2 mesin dengan t_{j1} adalah waktu proses pada mesin 1 dan t_{j2} waktu proses pada mesin 2 secara sistematis permasalahan ini ditunjukkan pada *job i* mendahului *job j* dalam suatu urutan yang optimum jika: $M_i \{t_{i,1}, t_{j,2}\} \leq \{t_{i,2}, t_{j,1}\}$. Adapun langkah-langkah pengembangan algoritma aturan *Johnson* adalah sebagai berikut (Ginting, 2009):

- a. Tentukan waktu proses terpendek dari daftar pekerjaan, dimana ilustrasi daftar pekerjaan yang dimaksud dapat dilihat pada Tabel 2.3.
- b. Terdapat 3 kondisi, yaitu sebagai berikut:
 - 1) Jika waktu terpendek terdapat di mesin 1 (tM_1), maka jadwalkan pekerjaan tersebut pada posisi paling kiri pada urutan yang dimungkinkan.
 - 2) Jika waktu terpendek terdapat pada mesin 2 (tM_2), maka jadwalkan pekerjaan tersebut pada posisi paling kanan pada urutan yang dimungkinkan.
 - 3) Jika terdapat beberapa nilai terpendek yang sama, maka pilihlah secara acak kemudian jadwalkan pekerjaan tersebut di posisi paling kiri ataupun kanan berdasarkan aturan di mesin mana pekerjaan tersebut memiliki waktu terpendek.

Tabel 2.3 Ilustrasi Daftar Pekerjaan

	Jumlah Pekerjaan				
	1	2	3	...	n
J_a	J_{a1}	J_{a2}	J_{a3}	...	J_{an}
tM_b	t_{b1}	t_{b2}	t_{b3}	...	t_{bn}
tM_1	t_{11}	t_{12}	t_{13}	...	t_{1n}
tM_2	t_{21}	t_{22}	t_{23}	...	t_{2n}

dimana,

J_a : Banyaknya pekerjaan yang akan dijadwalkan dengan $a = 1, 2, \dots, n$

tM_b : Waktu yang dibutuhkan mesin untuk melakukan sebuah pekerjaan, dimana $b = 1$ dan 2

X_{11} : Besarnya waktu yang dibutuhkan mesin untuk melakukan sebuah Pekerjaan

- c. Keluarkan pekerjaan yang sudah dijadwalkan dari daftar pekerjaan. Apabila masih terdapat pekerjaan yang belum dijadwalkan, maka kembali ke langkah a. Jika seluruh pekerjaan sudah dijadwalkan, maka penjadwalan menggunakan algoritma *Johnson* ini dapat dikatakan selesai.

2.5 Algoritma CDS (Campbell, Dudek, and Smith)

Algoritma CDS adalah algoritma yang pertama kali dikembangkan oleh H.G Campbell, R.A. Dudek dan M.L. Smith pada tahun 1965 yang didasarkan atas algoritma *Johnson*. Metode ini pada dasarnya untuk membuat $m-1$ jadwal yang mungkin dan memilih jadwal terbaik yang akan digunakan. Jika pada algoritma *Johnson* yang digunakan sebagai dasar pemilihan adalah waktu terkecil di mesin pertama atau waktu terkecil di mesin $m-2$, sedangkan pada algoritma CDS memutuskan untuk urutan yang pertama $t_{i,1} = t_{i,1}^*$ dan $t_{i,2} = t_{i,m}^*$ sebagai waktu proses pada mesin pertama dan mesin terakhir. Untuk urutan yang kedua dirumuskan dengan $t_{i,1}^* = t_{i,1} + t_{i,2}$ dan $t_{i,2}^* = t_{i,m} + t_{i,m-1}$. Sebagai waktu proses pada dua mesin pertama dan dua mesin yang terakhir untuk urutan ke- K dengan $K = M - 1$ dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.6 dan persamaan 2.7 (Ginting, 2009).

$$t_{i,1}^* = \sum_{k=1}^K t_{i,k} \quad \text{(mesin pertama)} \quad (2.6)$$

$$t_{i,2}^* = \sum_{k=1}^K t_{i,m-k+1} \quad \text{(mesin kedua)} \quad (2.7)$$

Langkah-langkah penjadwalan dengan algoritma CDS adalah sebagai berikut:

- a. Tentukan tabel awal daftar pekerjaan berdasarkan data hasil penelitian. Adapun tabel awal daftar pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan dengan CDS dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Daftar Awal Pekerjaan

	J_1	J_2	J_3	...	J_n
M_1	t_{11}	t_{12}	t_{13}	...	t_{1n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
M_m	t_{m1}	t_{m2}	t_{m3}	...	t_{mn}

Dimana,

J_a : Banyaknya pekerjaan yang akan dijadwalkan, dengan $a = 1, 2, \dots, n$

M_m : Banyaknya mesin yang digunakan, dengan $m = 1, 2, \dots, o$

t_{ma} : Besarnya waktu yang dibutuhkan sebuah mesin untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan

- Set $K = 1$, kemudian hitung tM_1 menggunakan rumus pada persamaan 2.6 dan tM_2 menggunakan rumus pada persamaan 2.7.
- Gunakan algoritma *Johnson* untuk menentukan urutan pekerjaan yang akan dijadwalkan.
- Setelah menggunakan algoritma *Johnson* dalam pengurutan pekerjaan, maka didapatkan ilustrasi runtutan pekerjaan yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ilustrasi Runtutan Pekerjaan

	J_1	J_2	J_3	...	J_n
M_1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	...	T_{1n}
M_2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	...	T_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
M_m	T_{m1}	T_{m2}	T_{m3}	...	T_{mn}

Dimana setiap nilai yang dimiliki T_{on} merupakan besarnya waktu yang disesuaikan berdasarkan Tabel 2.4. Kemudian hitung nilai maskespan dengan menggunakan persamaan 2.8 dan nilai *flowtime* dengan menggunakan persamaan

2.9 kemudian catat jadwal pekerjaan, nilai makespan, dan nilai *flowtime* yang dihasilkan.

$$\begin{aligned}
 Ma_{o1} &= \sum_{m=1}^y T_{o1} \\
 Mak_{1a} &= \sum_{a=1}^n T_{1a}
 \end{aligned}
 \tag{2.8}$$

$$\begin{aligned}
 Ma_{me} &= \max(Mak_{n-1,a}, Ma_{n,a-1}) + T_{me} \\
 F_{me} &= \sum_{a=1}^n Ma_{me}
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

Dimana Ma_{me} merupakan nilai makespan yang dicari sedangkan F_{me} merupakan nilai *flowtime* yang dicari.

- e. Ulangi langkah b, c, dan d sampai membentuk set $K = M - 1$
- f. Menentukan penjadwalan pekerjaan terbaik dengan melakukan 2 tahapan, yaitu:
 - 1) memilih penjadwalan terbaik berdasarkan nilai *makespan* (Jangka waktu penyelesaian suatu pekerjaan merupakan penjumlahan dari seluruh waktu proses suatu mesin) terkecil.
 - 2) Jika terdapat lebih dari satu penjadwalan yang memiliki nilai makespan terkecil yang sama, maka gunakan nilai *flowtime* (*Routing* waktu mulai dari pekerjaan $ke - i$ siap untuk dikerjakan hingga pekerjaan selesai) terkecil dari masing-masing penjadwalan yang terpilih sebagai hasil akhir penjadwalan terbaik dari permasalahan yang dihadapi.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

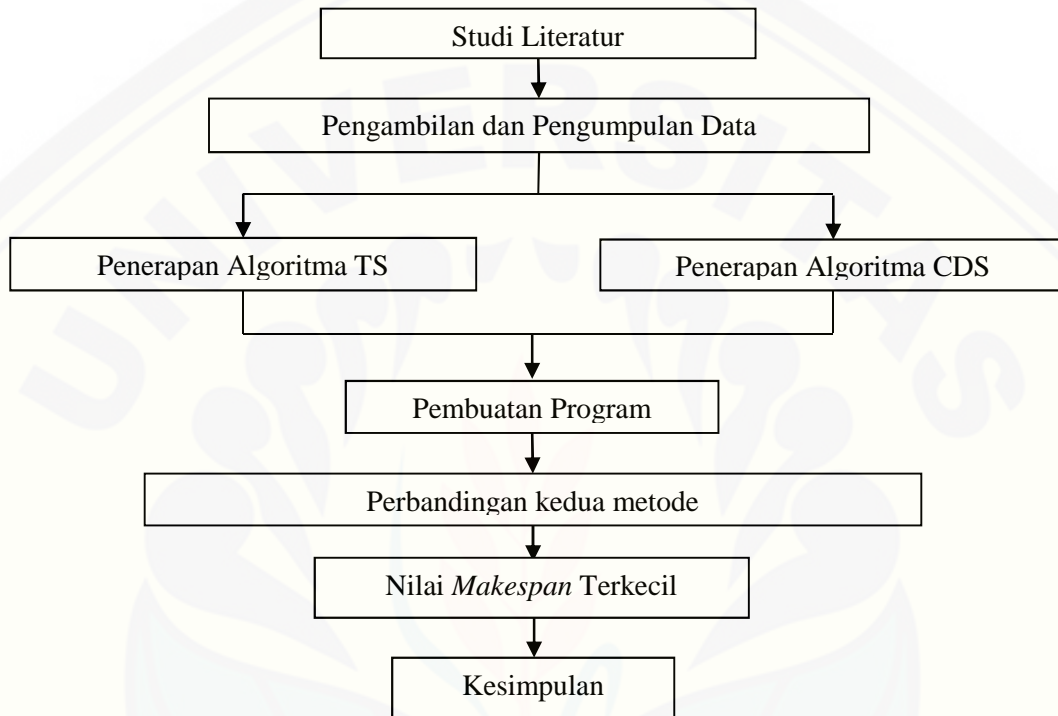
Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data sekunder yang berupa data tentang proses produksi industri rumahan pembuat jamu instan Sari Hutani di Kecamatan Tempurejo Desa Curahnongko Jember. Data tersebut penulis dapatkan dari skripsi sebelumnya yang berjudul “Penerapan Algoritma *Ho-Cang* dan *Tabu Search* pada Penjadwalan *Flowshop*”. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa dalam industri rumahan tersebut dibutuhkan 5 mesin, yaitu Pencuci Bahan (M_1), Penggiling Bahan (M_2), Pemasta (M_3), Penghancur Pasta (M_4), Pengering (M_5), untuk satu kali produksi 9 jenis jamu instan yaitu Jamu lancar asi (J_1) Jamu Instan Kunci Sirih (J_2), Jamu Instan Temulawak (J_3), Jamu Instan Sari Jahe (J_4), Jamu Instan Kunyit Asam (J_5), Jamu Instan Sari Urat (J_6), Jamu Instan Som Java (J_7), Jamu Instan Diabetes (J_8), Jamu Instan Kolesterol (J_9), dimana data tentang waktu yang dibutuhkan dalam produksi tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data waktu (menit) Produksi Jamu Instan Sari Hutani

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
J_1	20	30	65	15	70
J_2	20	25	45	15	90
J_3	20	30	50	15	90
J_4	20	45	70	15	90
J_5	20	30	60	15	90
J_6	20	45	60	15	100
J_7	20	40	45	15	100
J_8	20	40	50	15	70
J_9	20	30	70	15	120

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Secara sistematis, langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Skema Langkah-langkah Penelitian

Adapun penjabaran tentang masing-masing langkah yang dilakukan pada Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Langkah awal yang dilakukan adalah mengumpulkan berbagai literatur tentang algoritma TS dan algoritma CDS dari internet ataupun buku-buku yang berhubungan dengan kedua algoritma tersebut.

b. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Pada langkah ini, dilakukan pengambilan dan pengumpulan data tentang lamanya waktu yang dibutuhkan 5 mesin untuk memproduksi 9 jenis jamu instan dalam industri rumahan pembuat jamu instan Sari Hutani, Jember. Pada langkah ini

penulis menggunakan data sekunder dari skripsi sebelumnya di FMIPA Universitas Jember.

c. Penerapan Algoritma TS dan Algoritma CDS

Pada langkah ini, dilakukan penyelesaian permasalahan penjadwalan menggunakan algoritma TS terlebih dahulu. Adapun langkah-langkah umum yang harus dilakukan dalam algoritma TS adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat tabel awal seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 atau Tabel 2.2.
- 2) Menentukan solusi awal dengan mencari nilai *makespannya*. Jika menggunakan Tabel 2.1, maka untuk mencari nilai *makespannya* harus menggunakan persamaan 2.1, persamaan 2.2, dan persamaan 2.3. Jika menggunakan Tabel 2.2, maka hanya akan menggunakan persamaan 2.4.
- 3) Melakukan proses iterasi terhadap solusi tetangga seperti pada persamaan 2.5, kemudian dicari nilai *makespannya* dengan mengulangi langkah pada poin 1 dan 2.
- 4) Pilih solusi tetangga terbaik dengan nilai *makespan* terkecil, kemudian dilanjutkan dengan iterasi berikutnya melalui langkah 3.
- 5) Ulangi langkah 3 dan 4 hingga didapatkan nilai *makespan* yang paling kecil.
- 6) Menentukan global minimum berdasarkan nilai *makespan* terkecil sebagai solusi terbaik pada permasalahan penjadwalan suatu pekerjaan.

Setelah menyelesaikan permasalahan tersebut menggunakan algoritma TS, maka selanjutnya dilakukan penyelesaian dengan menggunakan algoritma CDS. Adapun langkah-langkah umum yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan tabel awal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.
- 2) Set $K = 1$, kemudian hitung tM_1 menggunakan menggunakan rumus pada persamaan 2.6 dan tM_2 menggunakan rumus pada persamaan 2.7.
- 3) Gunakan algoritma *Johnson* untuk menentukan urutan pekerjaan yang akan dijadwalkan seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.6.

- 4) Setelah menggunakan algoritma *Johnson* dalam pengurutan pekerjaan, maka didapatkan ilustrasi runtutan pekerjaan yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.5. Kemudian cari nilai makespannya dan nilai *flowtime* dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.8 dan persamaan 2.9.
 - 5) Ulangi langkah 2, 3, dan 4 sampai dengan membentuk set $K = M - 1$.
 - 6) Menentukan penjadwalan pekerjaan terbaik berdasarkan nilai *makespan* dan *flowtime* terkecil.
- d. Pembuatan Program
- Langkah penelitian berikutnya adalah pembuatan program yang menggunakan *software* matematika yaitu MATLAB. Pada langkah ini, penulis akan membuat skrip program dan desain program berupa tampilan GUI berdasarkan kedua metode yang digunakan.
- e. Perbandingan kedua metode
- Langkah terakhir yang dilakukan adalah membandingkan kedua metode berdasarkan nilai *makespan* terkecil dari penjawalan *flowshop* yang terpilih.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas hasil dari penerapan algoritma *Tabu Search* dan Algoritma *Campbell, Dudek, Smith* pada penjadwalan jenis *flowshop* industri jamu instan Sari Hutani di desa Curahnongko kecamatan Tempurejo kabupaten Jember dengan bantuan program Matlab. Industri jamu instan Sari Hutani memproduksi 9 jenis produk yakni pelancar asi, kunci sirih, temulawak, sari jahe, kunyit asam, sari urat, som java, diabetes, kolesterol. Pada proses produksinya, Sari Hutani menggunakan lima buah mesin yaitu mesin pencuci (bahan), mesin penggiling (bahan), mesin pemasta, mesin penghancur (pasta), dan mesin pengering. Selanjutnya akan dibahas tentang perbandingan kedua metode tersebut, sehingga dapat diketahui metode yang lebih sesuai dalam aplikasinya untuk menentukan penjadwalan terbaik.

4.1 Hasil

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data sekunder yang berupa data tentang proses produksi industri rumahan pembuat jamu instan Sari Hutani, di Kecamatan Tempurejo Desa Curahnongko Jember. Berdasarkan pada Tabel 3.1, maka dapat diketahui bahwa lamanya waktu yang dibutuhkan setiap mesin dalam sekali produksi adalah selisih dari waktu berhenti dengan waktu mulai pada setiap proses produksi masing-masing mesinnya. Sehingga waktu yang dibutuhkan dalam produksi tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

4.1.1 Penyelesaian Metode TS

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada metode TS dalam penentuan jadwal terbaik produksi jamu instan adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan tabel awal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.
- b. Menentukan nilai *makespan*nya dengan menggunakan persamaan 2.4, sehingga dapat ditentukan solusi awal seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.1 Data Waktu (menit) Proses Produksi Jamu Instan Sari Hutani

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
J_1	20	30	65	15	70
J_2	20	25	45	15	90
J_3	20	30	50	15	90
J_4	20	45	70	15	90
J_5	20	30	60	15	90
J_6	20	45	60	15	100
J_7	20	40	45	15	100
J_8	20	40	50	15	70
J_9	20	30	70	15	120

Tabel 4.2 Tabel Awal Metode TS

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
J_1	20	30	65	15	70
J_2	20	25	45	15	90
J_3	20	30	50	15	90
J_4	20	45	70	15	90
J_5	20	30	60	15	90
J_6	20	45	60	15	100
J_7	20	40	45	15	100
J_8	20	40	50	15	70
J_9	20	30	70	15	120

Tabel 4.3 Solusi Awal Metode TS

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
J_1	20	50	115	130	200
J_2	40	75	160	175	290
J_3	60	105	210	225	380
J_4	80	150	280	295	470
J_5	100	180	340	355	560
J_6	120	225	400	415	660
J_7	140	265	445	460	760
J_8	160	305	495	510	830
J_9	180	335	565	580	950

c. Melakukan iterasi terhadap solusi tetangga dengan melakukan beberapa langkah sebagai berikut:

1) Iterasi 1

$$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \quad T = 950$$

a. Solusi tetangga yang dimaksud adalah menukar sebuah posisi pekerjaan dengan salah satu pekerjaan lainnya seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.5, kemudian di cari nilai *makespan* pada masing-masing solusi tetangga yang telah ditentukan dengan mengulangi langkah a dan b. Adapun hasil perhitungan nilai *makespan* pada masing-masing solusi tetangga Iterasi 1 yang telah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

b. Solusi terbaik pada iterasi 1 adalah urutan pekerjaan 2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dengan nilai *makespan* terkecil, sehingga urutan pekerjaan tersebut dapat digunakan sebagai solusi awal pada Iterasi 2

2) Iterasi 2

$$i = 2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \quad T = 925$$

Adapun hasil perhitungan nilai *makespan* pada masing-masing solusi tetangga Iterasi 2 yang telah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Nilai *Makespan* Setiap Solusi Tetangga Iterasi 1

Solusi Tetangga	<i>T</i>	Solusi Tetangga	<i>T</i>
2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	925	1, 2, 7, 4, 5, 6, 3, 8, 9	950
3, 2, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9	935	1, 2, 8, 4, 5, 6, 7, 3, 9	950
4, 2, 3, 1, 5, 6, 7, 8, 9	970	1, 2, 9, 4, 5, 6, 7, 8, 3	950
5, 2, 3, 4, 1, 6, 7, 8, 9	945	1, 2, 3, 5, 4, 6, 7, 8, 9	950
6, 2, 3, 4, 5, 1, 7, 8, 9	960	1, 2, 3, 6, 5, 4, 7, 8, 9	950
7, 2, 3, 4, 5, 6, 1, 8, 9	940	1, 2, 3, 7, 5, 6, 4, 8, 9	950
8, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 1, 9	945	1, 2, 3, 8, 5, 6, 7, 4, 9	950
9, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 1	955	1, 2, 3, 9, 5, 6, 7, 8, 4	950
1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9	950	1, 2, 3, 4, 6, 5, 7, 8, 9	950
1, 4, 3, 2, 5, 6, 7, 8, 9	950	1, 2, 3, 4, 7, 6, 5, 8, 9	950
1, 5, 3, 4, 2, 6, 7, 8, 9	950	1, 2, 3, 4, 8, 6, 7, 5, 9	950
1, 6, 3, 4, 5, 2, 7, 8, 9	950	1, 2, 3, 4, 9, 6, 7, 8, 5	950
1, 7, 3, 4, 5, 6, 2, 8, 9	950	1, 2, 3, 4, 5, 7, 6, 8, 9	950
1, 8, 3, 4, 5, 6, 7, 2, 9	950	1, 2, 3, 4, 5, 8, 7, 6, 9	950
1, 9, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 2	950	1, 2, 3, 4, 5, 9, 7, 8, 6	950
1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9	950	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 7, 9	950
1, 2, 5, 4, 3, 6, 7, 8, 9	950	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7	950
1, 2, 6, 4, 5, 3, 7, 8, 9	950	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 8	950

Tabel 4.5 Nilai *Makespan* Setiap Solusi Tetangga Iterasi 2

Solusi Tetangga	<i>T</i>	Solusi Tetangga	<i>T</i>
3, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9	935	2, 1, 8, 4, 5, 6, 7, 3, 9	925
4, 1, 3, 2, 5, 6, 7, 8, 9	970	2, 1, 9, 4, 5, 6, 7, 8, 3	925
5, 1, 3, 4, 2, 6, 7, 8, 9	945	2, 1, 3, 5, 4, 6, 7, 8, 9	925
6, 1, 3, 4, 5, 2, 7, 8, 9	960	2, 1, 3, 6, 5, 4, 7, 8, 9	925
7, 1, 3, 4, 5, 6, 2, 8, 9	940	2, 1, 3, 7, 5, 6, 4, 8, 9	925
8, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 2, 9	945	2, 1, 3, 8, 5, 6, 7, 4, 9	925
9, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 2	955	2, 1, 3, 9, 5, 6, 7, 8, 4	925
2, 3, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9	925	2, 1, 3, 4, 6, 5, 7, 8, 9	925
2, 4, 3, 1, 5, 6, 7, 8, 9	925	2, 1, 3, 4, 7, 6, 5, 8, 9	925
2, 5, 3, 4, 1, 6, 7, 8, 9	925	2, 1, 3, 4, 8, 6, 7, 5, 9	925
2, 6, 3, 4, 5, 1, 7, 8, 9	925	2, 1, 3, 4, 9, 6, 7, 8, 5	925
2, 7, 3, 4, 5, 6, 1, 8, 9	925	2, 1, 3, 4, 5, 7, 6, 8, 9	925
2, 8, 3, 4, 5, 6, 7, 1, 9	925	2, 1, 3, 4, 5, 8, 7, 6, 9	925
2, 9, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 1	925	2, 1, 3, 4, 5, 9, 7, 8, 6	925
2, 1, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9	925	2, 1, 3, 4, 5, 6, 8, 7, 9	925
2, 1, 5, 4, 3, 6, 7, 8, 9	925	2, 1, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7	925
2, 1, 6, 4, 5, 3, 7, 8, 9	925	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 8	925
2, 1, 7, 4, 5, 6, 3, 8, 9	925		

- d. Berdasarkan nilai *makespan* terkecil, maka dapat dipilih salah satu penjadwalan yang terpilih dengan nilai *makespan* 925 dengan penjadwalan yang dipilih adalah $J_2 - J_1 - J_3 - J_4 - J_5 - J_9 - J_7 - J_8 - J_6$.

4.1.2 Penyelesaian Metode CDS

Adapun langkah-langkah penjadwalan dengan menggunakan metode CDS adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan tabel awal daftar pekerjaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Tabel Awal Metode CDS

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9
M_1	20	20	20	20	20	20	20	20	20
M_2	30	25	30	45	30	45	40	40	30
M_3	65	45	50	70	60	60	45	50	70
M_4	15	15	15	15	15	15	15	15	15
M_5	70	90	90	90	90	100	100	70	120

- b. Set $K = 1$, kemudian hitung tM_1 menggunakan rumus pada persamaan 2.6 dan tM_2 menggunakan rumus pada persamaan 2.7 sehingga dihasilkan waktu proses pada setiap mesin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.7. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka penjadwalan dapat diurutkan berdasarkan pada aturan *Johnson* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.7 Waktu Proses Untuk Set $K = 1$

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9
tM_1	20	20	20	20	20	20	20	20	20
tM_2	70	90	90	90	90	100	100	70	120

Tabel 4.8 Urutan Pekerjaan Berdasarkan Set $K = 1$

	J_1	J_8	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_9
M_1	20	20	20	20	20	20	20	20	20
M_2	30	40	25	30	45	30	45	40	30
M_3	65	50	45	50	70	60	60	45	70
M_4	15	15	15	15	15	15	15	15	15
M_5	70	70	90	90	90	90	100	100	120

- c. Perhitungan nilai *makespan* dan nilai *flowtime* dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Perhitungan *Makespan* dan *Flowtime* untuk Set $K = 1$

	J_1	J_8	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_9	F
M_1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
M_2	50	90	115	145	190	220	265	305	335	
M_3	115	165	210	260	330	390	450	495	565	4960
M_4	130	180	225	275	345	405	465	510	580	
M_5	200	270	360	450	540	630	730	830	950	

- d. Set $K = 2$, kemudian hitung tM_1 menggunakan rumus pada persamaan 2.6 dan tM_2 menggunakan rumus pada persamaan 2.7 sehingga dihasilkan waktu proses pada setiap mesin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.10. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka penjadwalan dapat diurutkan berdasarkan pada aturan *Johnson* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.10 Waktu Proses Untuk Set $K = 2$

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9
tM_1	50	45	50	65	50	65	60	60	50
tM_5	85	105	105	105	105	115	115	85	135

Tabel 4.11 Urutan Pekerjaan Berdasarkan Set $K = 2$

	J_2	J_1	J_3	J_5	J_9	J_7	J_8	J_4	J_6
M_1	20	20	20	20	20	20	20	20	20
M_2	25	30	30	30	30	40	40	45	45
M_3	45	65	50	60	70	45	50	70	60
M_4	15	15	15	15	15	15	15	15	15
M_5	90	70	90	90	120	100	70	90	100

- e. Perhitungan nilai *makespan* dan nilai *flowtime* dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Perhitungan *Makespan* dan *Flowtime* untuk Set $K = 2$

	J_2	J_1	J_3	J_5	J_9	J_7	J_8	J_4	J_6	F
M_1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
M_2	45	75	105	135	165	205	245	290	335	
M_3	90	155	205	265	335	380	430	500	560	4975
M_4	105	170	220	280	350	395	445	515	575	
M_5	195	265	355	445	565	665	735	825	925	

- f. Set $K = 3$, kemudian hitung tM_1 menggunakan rumus pada persamaan 2.6 dan tM_2 menggunakan rumus pada persamaan 2.7 sehingga dihasilkan waktu proses pada setiap mesin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.13. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka penjadwalan dapat diurutkan berdasarkan pada aturan *Johnson* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.13 Waktu Proses Untuk Set $K = 3$

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9
tM_1	115	90	100	135	110	125	105	110	120
tM_5	150	150	155	175	165	175	160	135	205

Tabel 4.14 Urutan Pekerjaan Berdasarkan Set $K = 3$

	J_2	J_3	J_7	J_8	J_5	J_1	J_9	J_6	J_4
M_1	20	20	20	20	20	20	20	20	20
M_2	25	30	40	40	30	30	30	45	45
M_3	45	50	45	50	60	65	70	60	70
M_4	15	15	15	15	15	15	15	15	15
M_5	90	90	100	70	90	70	120	100	90

- g. Perhitungan nilai *makespan* dan nilai *flowtime* dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel 4.15 Perhitungan *Makespan* dan *Flowtime* untuk Set $K = 3$

	J_2	J_3	J_7	J_8	J_5	J_1	J_9	J_6	J_4	F
M_1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
M_2	45	75	115	155	185	215	245	290	335	
M_3	90	140	185	235	295	360	430	490	560	4975
M_4	105	155	200	250	310	375	445	505	575	
M_5	195	285	385	455	545	615	735	835	925	

- h. Set $K = 4$, kemudian hitung tM_1 menggunakan rumus pada persamaan 2.6 dan tM_2 menggunakan rumus pada persamaan 2.7 sehingga dihasilkan waktu proses pada setiap mesin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.16. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka penjadwalan dapat diurutkan berdasarkan pada aturan *Johnson* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.16 Waktu Proses Untuk Set $K = 4$

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9
tM_1	130	105	115	150	125	140	120	125	135
tM_2	180	175	185	220	195	220	200	175	235

Tabel 4.17 Urutan Pekerjaan Berdasarkan Set $K = 4$

	J_2	J_3	J_7	J_8	J_5	J_1	J_9	J_6	J_4
M_1	20	20	20	20	20	20	20	20	20
M_2	25	30	40	40	30	30	30	45	45
M_3	45	50	45	50	60	65	70	60	70
M_4	15	15	15	15	15	15	15	15	15
M_5	90	90	100	70	90	70	120	100	90

- i. Perhitungan nilai *makespan* dan nilai *flowtime* dapat dilihat pada tabel 4.18

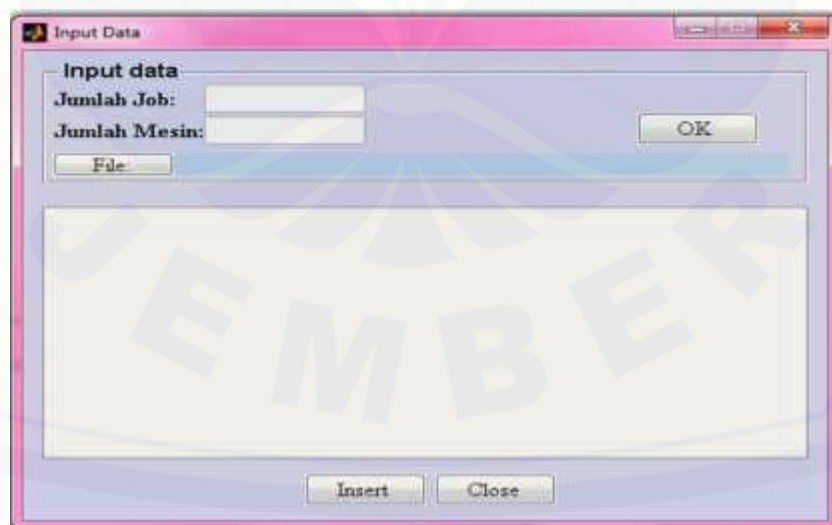
Tabel 4.18 Perhitungan *Makespan* dan *FlowTime* untuk Set $K = 4$

	J_2	J_3	J_7	J_8	J_5	J_1	J_9	J_6	J_4	F
M_1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
M_2	45	75	115	155	185	215	245	290	335	
M_3	90	140	185	235	295	360	430	490	560	4975
M_4	105	155	200	250	310	375	445	505	575	
M_5	195	285	385	455	545	615	735	835	925	

- j. Menentukan penjadwalan terbaik berdasarkan nilai *makespan* dan nilai *flowtime* terkecil. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa urutan penjadwalan $J_2 - J_1 - J_3 - J_5 - J_9 - J_7 - J_8 - J_4 - J_6$ dengan nilai *makespan* 925 dan nilai *flowtime* 4975.

4.1.3 Menjalankan Program

Pada langkah ini telah dibuat tampilan program berupa GUI menggunakan program MATLAB dengan tampilan awal dalam menjalankan program dapat dilihat pada Gambar 4.1, dimana program yang akan dibuat hanya dapat diaplikasikan pada metode TS dan metode CDS untuk penjadwalan terbaik.



Gambar 4.1 Tampilan Awal Program

Menu yang terdapat pada Gambar 4.1 adalah sebagai berikut:

- Jumlah *Job*, digunakan untuk menentukan banyaknya pekerjaan yang akan dijadwalkan.
- Jumlah Mesin, digunakan untuk menentukan banyaknya mesin yang dipakai.
- File, digunakan untuk memasukkan data.
- Insert*, digunakan untuk menentukan metode manakah yang akan dihitung sehingga jika ditekan akan memunculkan tampilan program seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.
- Close*, digunakan untuk menutup aplikasi program.

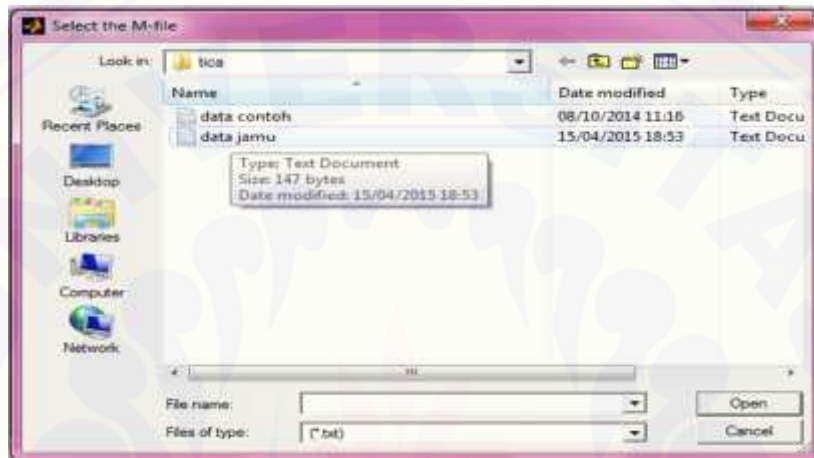


Gambar 4.2 Tampilan Perhitungan Algoritma TS dan CDS

Adapun menu yang terdapat pada Gambar 4.2 adalah sebagai berikut:

- Metode CDS dan TS, untuk memilih metode mana yang akan digunakan.
- Jumlah Iterasi, menentukan iterasi yang akan dilihat hasil akhirnya.
- Proses, untuk melakukan perhitungan dari metode yang digunakan.
- Lihat Data, untuk menampilkan data yang digunakan.
- Reset*, untuk mengulangi program dari awal tampilan program.
- Close*, untuk menutup tampilan program.
- Diagram *Gant*, untuk menampilkan diagram hasil perhitungan dari penjadwalan.
- Hitung *Makespan*, untuk menentukan hasil perhitungan program pada metode TS.

Langkah awal yang dilakukan untuk menjalankan program adalah menentukan Jumlah *Job* dan Jumlah Mesin pada kolom *Input Data*, kemudian tekan tombol *File* untuk menginput data hasil penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 sehingga data yang digunakan akan ditampilkan pada tampilan awal program seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Tampilan *Insert Data*

Setelah data di masukkan, langkah selanjutnya adalah tekan tombol *Insert* untuk menampilkan perhitungan metode TS dan CDS. Kemudian pilih kedua metode tersebut dan masukkan angka yang diinginkan ke dalam kolom jumlah iterasi, selanjutnya tekan tombol proses untuk mengetahui hasil perhitungan pada iterasi yang telah ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

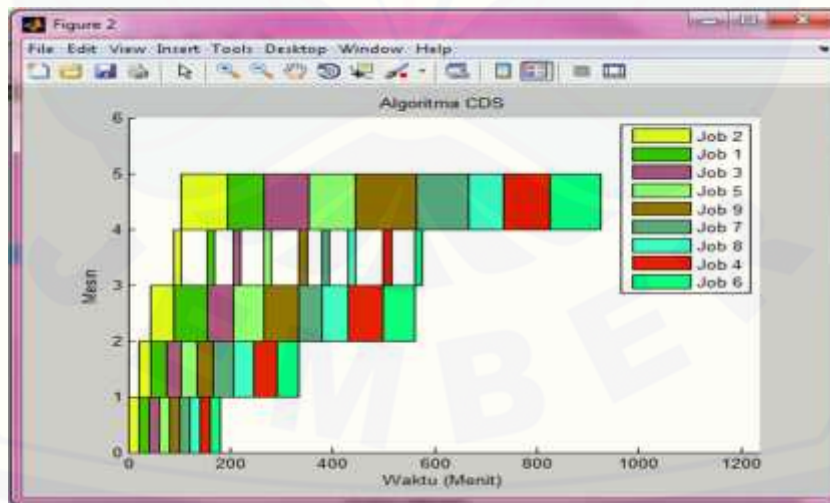


Gambar 4.4 Tampilan Hasil Input Data



Gambar 4.5 Tampilan Hasil Perhitungan Metode TS dan CDS

Berdasarkan hasil perhitungan program dapat diketahui bahwa penjadwalan terbaik yang terpilih melalui metode *TS* adalah $J_2 - J_1 - J_3 - J_4 - J_5 - J_9 - J_7 - J_8 - J_6$ dengan nilai *makespan* 925, sedangkan melalui metode *CDS* terpilih penjadwalan dengan urutan $J_2 - J_1 - J_3 - J_5 - J_9 - J_7 - J_8 - J_4 - J_6$ dan nilai *makespan*nya adalah 925. Apabila tombol diagram *Gantt* ditekan, maka akan muncul hasil perhitungan dari masing-masing metode. Untuk tampilan diagram *Gantt* dari hasil perhitungan metode *CDS* dapat dilihat pada Gambar 4.6.

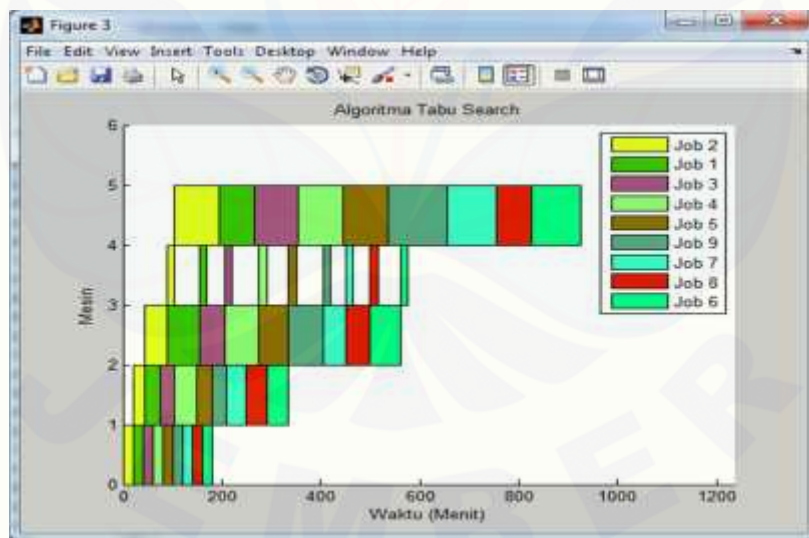


Gambar 4.6 Tampilan Diagram *Gantt* Metode CDS

Sedangkan diagram *Gantt* dan hasil perhitungan metode TS dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E
Job 2	20	45	45	90	90	105	105	195		
Job 1	45	75	90	155	155	170	195	265		
Job 3	75	105	155	205	205	220	265	355		
Job 4	105	150	205	275	275	290	355	445		
Job 5	150	180	275	335	335	350	445	535		
Job 8	180	210	335	405	405	420	535	655		
Job 7	210	250	405	450	450	465	655	755		
Job 6	250	290	450	500	500	515	755	825		
Job 8	290	335	500	560	560	575	825	925		

Gambar 4.7 Hasil Perhitungan Metode TS



Gambar 4.8 Tampilan Diagram *Gantt* Metode TS

4.2 Pembahasan

Dari hasil pada subbab sebelumnya, dapat diketahui bahwa metode TS dan metode CDS dapat digunakan untuk menentukan penjadwalan suatu proses produksi, dimana pada pengaplikasiannya metode TS dan metode CDS memiliki beberapa langkah. Pada metode TS, langkah awal yang dilakukan adalah membuat tabel awal berdasarkan data hasil penelitian. Langkah kedua adalah menentukan solusi awal dimana dihitung terlebih dahulu nilai *makespan*-nya. Langkah ketiga adalah melakukan proses iterasi dimana solusi awal yang diberikan berdasarkan hasil pada langkah kedua. Pada langkah ini, dilakukan beberapa tahapan terlebih dahulu yaitu menentukan solusi tetangga yang selanjutnya dicari nilai *makespan* untuk setiap solusi tetangga yang dihasilkan. Kemudian solusi tetangga yang memiliki nilai *makespan* terkecil akan dipilih sebagai solusi awal pada iterasi kedua. Langkah ini dapat dilakukan berulang kali sampai tidak ada lagi nilai *makespan* yang lebih kecil dari iterasi sebelumnya. Langkah terakhir adalah menentukan global minimum dengan nilai *makespan* terkecil pada iterasi terakhir sebagai solusi terbaik pada permasalahan penjadwalan pada tugas akhir ini. Sehingga dapat dipilih bahwa $J_2 - J_1 - J_3 - J_4 - J_5 - J_9 - J_7 - J_8 - J_6$ merupakan solusi terbaik dengan nilai *makespan* 925.

Pada metode CDS, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan tabel awal. Langkah kedua adalah menentukan urutan penjadwalan yang lebih tepat, dimana harus dilakukan 4 tahap terlebih dahulu yaitu menentukan set $K = 1$ hingga set $K = 4$, Kemudian ditentukan rute penjadwalannya dengan menggunakan aturan *Johnson* seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Setelah diketahui keempat rute penjadwalannya, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *makespan* dan nilai *flowtime* untuk menentukan penjadwalan manakah yang lebih baik. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat dipilih rute penjadwalan yang lebih tepat yaitu $J_2 - J_1 - J_3 - J_5 - J_9 - J_7 - J_8 - J_4 - J_6$ dengan nilai *makespan* 925 dan nilai *flow time* 4.975.

Dari bab sebelumnya, telah diketahui bahwa metode TS dan metode CDS merupakan metode yang dapat digunakan untuk menentukan penjadwalan suatu system produksi, dan berdasarkan hasil analisa pada sub bab sebelumnya kedua metode tersebut menghasilkan nilai *makespan* yang sama yaitu 925. Namun, berdasarkan hasil perhitungan, metode TS menghasilkan banyak pilihan penjadwalan yang menghasilkan nilai *makespan* yang sama dalam satu iterasi dan dalam pemilihannya tidak ada acuan khusus penjadwalan manakah yang lebih tepat untuk dipilih. Sedangkan metode CDS, dalam melakukan pengurutan penjadwalan melalui tahapan yang jelas berbeda dengan tahapan metode TS sehingga hasil yang diperoleh dapat langsung memiliki satu pilihan dan untuk menentukan manakah penjadwalan yang terbaikpun harus mengacu pada 2 nilai yang diperhitungkan seperti nilai *makespan* dan nilai *flowtime* yang paling kecil. Sehingga berdasarkan beberapa penjelasan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa metode CDS lebih sesuai dalam pengaplikasiannya pada penentuan penjadwalan terbaik dalam suatu proses produksi.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, penentuan penjadwalan proses produksi industri jamu instan Sari Hutani di Desa Curahnongko, Kecamatan Tempurejo, Kabupaten Jember melalui 5 mesin untuk membuat 9 produk. Adapun kelima mesin tersebut diantaranya adalah mesin pencuci (bahan), mesin penggiling (bahan), mesin pemasta, mesin penghancur (pasta), dan mesin pengering. Sedangkan 9 produknya adalah jamu pelancar asi, jamu kunci sirih, jamu temulawak, jamu sari jahe, jamu kunyit asam, jamu sari urat, jamu som *java*, jamu diabetes, dan jamu kolesterol. Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Metode TS menghasilkan penjadwalan $J_2 - J_1 - J_3 - J_4 - J_5 - J_9 - J_7 - J_8 - J_6$ merupakan salah satu jadwal yang lebih tepat untuk digunakan dengan nilai *makespan* 925, sedangkan metode CDS menghasilkan penjadwalan $J_2 - J_1 - J_3 - J_5 - J_9 - J_7 - J_8 - J_4 - J_6$ dengan nilai *makespan* 925.
- b. Metode CDS, dalam melakukan pengurutan penjadwalan dalam satu iterasi dapat langsung menghasilkan satu pilihan nilai *makespan* yang paling minimum dan jika nilai *makespan* dari iterasi 1 dan seterusnya ada yang sama maka hitung nilai *flowtime* yang paling kecil. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode CDS merupakan metode yang lebih sesuai dalam pengaplikasiannya pada penentuan penjadwalan.

5.2 Saran

Selain metode TS dan CDS, masih banyak lagi metode dalam ilmu Matematika yang dapat digunakan untuk menentukan penjadwalan. Oleh karena itu, diharapkan dapat menggunakan metode lainnya untuk menyelesaikan masalah penjadwalan. Sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk perbandingan dengan metode yang telah digunakan oleh penulis tugas akhir ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K. 1997. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Masruroh, N. Tanpa tahun. *Analisa Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Campbell Dudeck Smith, Palmer dan Danennbring di PT.Loka Refraktor Surabaya*. Jatim : Teknik Industri FTI UPN.
- Maria, K. 2011. *Perbandingan Performansi Algoritma Cross Entropy dan Algoritma Differensial Evolution dalam Penyelesaian Permasalahan Crew Rostering*. Tidak dipublikasikan. Tesis. Surabaya : Teknik Industri FTI ITS. <http://digilib.its.ac.id/perbandingan-performansi-algoritma-cross-entropy-dan-algoritma-differential-evolution-dalam-penyelesaian-permasalahan-crew-rostering-15627.html> [16 april 2014].
- Ginting, R. & S.,Ginting, H. 2006. *Study Aplikasi Metode Artificial Immune System dalam Penjadwalan FlowShop*. Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara:Medan.
- Glover, F. 1998. *Tabu Search-Wellsprings and Challenges*. *European Journal of Operational Research*. University of Colorado: USA.
- Risha, L. 2013. *Penerapan Algoritma Ho-Chang dan Tabu Search pada penjadwalan Flowshop*. Tidak dipublikasikan. Skripsi. Jember : FMIPA UNEJ.
- Berlianty, I & Arifin, M. 2010. “Teknik-teknik *Optimasi Heuristik*”. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Gultom, Y.S. 2007. *Perbaikan Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Algoritma CDS (Campbell, Dudek, and Smith) pada PT. Jakarana Tama*. <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/18557> [15 april 2014].
- Arhami, M. & Desiani, A. 2005. *Pemrograman MATLAB*. Yogyakarta: Andi.
- Junaidi, L. 2004. “Pendekatan Beberapa Metode *Flowshop* Dalam Penentuan Penjadwalan Produksi Di PT. Timur Selatan Pare”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Wahyu, W. F. 2011. *Matematika Diskrit: Kompleksitas Algoritma*. Yogyakarta : STMIK Amikom.

LAMPIRAN

Data Hasil Penelitian

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Tabel Awal Metode TS

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal Metode TS

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J3	60	105	210	225	380
J4	80	150	280	295	470
J5	100	180	340	355	560
J6	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

ITERASI 1

Tabel Awal 1

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 1

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J5	100	180	335	350	535
J6	120	225	395	410	635
J7	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 2

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J3	20	30	50	15	90
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 2

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J3	20	50	100	115	205
J2	40	75	145	160	295
J1	60	105	210	225	365
J4	80	150	280	295	455
J5	100	180	340	355	545
J6	120	225	400	415	645
J7	140	265	445	460	745
J8	160	305	495	510	815
J9	180	335	565	580	935
Makespan	935				

Tabel Awal 3

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J4	20	45	70	15	90
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J1	20	30	65	15	70
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 3

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J4	20	65	135	150	240
J2	40	90	180	195	330
J3	60	120	230	245	420
J1	80	150	295	310	490
J5	100	180	355	370	580
J6	120	225	415	430	680
J7	140	265	460	475	780
J8	160	305	510	525	850
J9	180	335	580	595	970
Makespan	970				

Tabel Awal 4

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J5	20	30	60	15	90
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J1	20	30	65	15	70
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 4

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J5	20	50	110	125	215
J2	40	75	155	170	305
J3	60	105	205	220	395
J4	80	150	275	290	485
J1	100	180	340	355	555
J6	120	225	400	415	655
J7	140	265	445	460	755
J8	160	305	495	510	825
J9	180	335	565	580	945
Makespan	945				

Tabel Awal 5

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J6	20	45	60	15	100
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J1	20	30	65	15	70
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 5

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J6	20	65	125	140	240
J2	40	90	170	185	330
J3	60	120	220	235	420
J4	80	165	290	305	510
J5	100	195	350	365	600
J1	120	225	415	430	670
J7	140	265	460	475	770
J8	160	305	510	525	840
J9	180	335	580	595	960

Tabel Awal 6

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J7	20	40	45	15	100
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J1	20	30	65	15	70
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 6

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J7	20	60	105	120	220
J2	40	85	150	165	310
J3	60	115	200	215	400
J4	80	160	270	285	490
J5	100	190	330	345	580
J6	120	235	390	405	680
J1	140	265	455	470	750
J8	160	305	505	520	820
J9	180	335	575	590	940

Tabel Awal 7

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J8	20	40	50	15	70
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J1	20	30	65	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 7

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J8	20	60	110	125	195
J2	40	85	155	170	285
J3	60	115	205	220	375
J4	80	160	275	290	465
J5	100	190	335	350	555
J6	120	235	395	410	655
J7	140	275	440	455	755
J1	160	305	505	520	825
J9	180	335	575	590	945
Makespan	945				

Tabel Awal 8

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J9	20	30	70	15	120
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J1	20	30	65	15	70

Solusi Awal 8

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J9	20	50	120	135	255
J2	40	75	165	180	345
J3	60	105	215	230	435
J4	80	150	285	300	525
J5	100	180	345	360	615
J6	120	225	405	420	715
J7	140	265	450	465	815
J8	160	305	500	515	885
J1	180	335	565	580	955
Makespan	955				

Tabel Awal 9

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J2	20	25	45	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 9

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J3	40	80	165	180	290
J2	60	105	210	225	380
J4	80	150	280	295	470
J5	100	180	340	355	560
J6	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 10

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J4	20	45	70	15	90
J3	20	30	50	15	90
J2	20	25	45	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 10

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J4	40	95	185	200	290
J3	60	125	235	250	380
J2	80	150	280	295	470
J5	100	180	340	355	560
J6	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 11

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J5	20	30	60	15	90
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J2	20	25	45	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 11

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J5	40	80	175	190	290
J3	60	110	225	240	380
J4	80	155	295	310	470
J2	100	180	340	355	560
J6	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 12

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J6	20	45	60	15	100
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J2	20	25	45	15	90
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 12

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J6	40	95	175	190	300
J3	60	125	225	240	390
J4	80	170	295	310	480
J5	100	200	355	370	570
J2	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 13

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J7	20	40	45	15	100
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J2	20	25	45	15	90
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 13

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J7	40	90	160	175	300
J3	60	120	210	225	390
J4	80	165	280	295	480
J5	100	195	340	355	570
J6	120	240	400	415	670
J2	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 14

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J8	20	40	50	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J2	20	25	45	15	90
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 14

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J8	40	90	165	180	270
J3	60	120	215	230	360
J4	80	165	285	300	450
J5	100	195	345	360	540
J6	120	240	405	420	640
J7	140	280	450	465	740
J2	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 15

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J9	20	30	70	15	120
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J2	20	25	45	15	90

Solusi Awal 15

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J9	40	80	185	200	320
J3	60	110	235	250	410
J4	80	155	305	320	500
J5	100	185	365	380	590
J6	120	230	425	440	690
J7	140	270	470	485	790
J8	160	310	520	535	860
J2	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 16

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J4	20	45	70	15	90
J3	20	30	50	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 16

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J4	60	120	230	245	380
J3	80	150	280	295	470
J5	100	180	340	355	560
J6	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 17

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J5	20	30	60	15	90
J4	20	45	70	15	90
J3	20	30	50	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 17

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J5	60	105	220	235	380
J4	80	150	290	305	470
J3	100	180	340	355	560
J6	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 18

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J6	20	45	60	15	100
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J3	20	30	50	15	90
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 18

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J6	60	120	220	235	390
J4	80	165	290	305	480
J5	100	195	350	365	570
J3	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 19

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J7	20	40	45	15	100
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J3	20	30	50	15	90
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 19

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J7	60	115	205	220	390
J4	80	160	275	290	480
J5	100	190	335	350	570
J6	120	235	395	410	670
J3	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 20

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J8	20	40	50	15	70
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J3	20	30	50	15	90
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 20

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J8	60	115	210	225	360
J4	80	160	280	295	450
J5	100	190	340	355	540
J6	120	235	400	415	640
J7	140	275	445	460	740
J3	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 21

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J9	20	30	70	15	120
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J3	20	30	50	15	90

Solusi Awal 21

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J9	60	105	230	245	410
J4	80	150	300	315	500
J5	100	180	360	375	590
J6	120	225	420	435	690
J7	140	265	465	480	790
J8	160	305	515	530	860
J3	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 22

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J5	20	30	60	15	90
J4	20	45	70	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 22

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J3	60	105	210	225	380
J5	80	135	270	285	470
J4	100	180	340	355	560
J6	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 23

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J6	20	45	60	15	100
J5	20	30	60	15	90
J4	20	45	70	15	90
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 23

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J3	60	105	210	225	380
J6	80	150	270	285	480
J5	100	180	330	345	570
J4	120	225	400	415	660
J7	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 24

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J7	20	40	45	15	100
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J4	20	45	70	15	90
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 24

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J3	60	105	210	225	380
J7	80	145	255	270	480
J5	100	175	315	330	570
J6	120	220	375	390	670
J4	140	265	445	460	760
J8	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

Tabel Awal 25

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	30	65	15	70
J2	20	25	45	15	90
J3	20	30	50	15	90
J8	20	40	50	15	70
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J4	20	45	70	15	90
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 25

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J1	20	50	115	130	200
J2	40	75	160	175	290
J3	60	105	210	225	380
J8	80	145	260	275	450
J5	100	175	320	335	540
J6	120	220	380	395	640
J7	140	260	425	440	740
J4	160	305	495	510	830
J9	180	335	565	580	950
Makespan	950				

ITERASI 2

Tabel Awal 1

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J7	20	40	45	15	100
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J1	20	30	65	15	70
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 1

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J7	40	85	135	150	295
J3	60	115	185	200	385
J4	80	160	255	270	475
J5	100	190	315	330	565
J6	120	235	375	390	665
J1	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 2

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J8	20	40	50	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J1	20	30	65	15	70

J9	20	30	70	15	120
----	----	----	----	----	-----

Solusi Awal 2

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J8	40	85	140	155	265
J3	60	115	190	205	355
J4	80	160	260	275	445
J5	100	190	320	335	535
J6	120	235	380	395	635
J7	140	275	425	440	735
J1	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 3

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J9	20	30	70	15	120
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J2	20	25	45	15	90

Solusi Awal 3

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J9	40	75	160	175	315
J3	60	105	210	225	405
J4	80	150	280	295	495
J5	100	180	340	355	585
J6	120	225	400	415	685
J7	140	265	445	460	785
J8	160	305	495	510	855
J2	180	330	540	555	945
Makespan	945				

Tabel Awal 4

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J4	20	45	70	15	90
J3	20	30	50	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 4

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J4	60	120	225	240	355
J3	80	150	275	290	445
J5	100	180	335	350	535
J6	120	225	395	410	635
J7	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 5

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J5	20	30	60	15	90
J4	20	45	70	15	90
J3	20	30	50	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 5

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J5	60	105	215	230	355
J4	80	150	285	300	445
J3	100	180	335	350	535
J6	120	225	395	410	635
J7	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 6

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J6	20	45	60	15	100
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J3	20	30	50	15	90
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 6

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J6	60	120	215	230	365
J4	80	165	285	300	455
J5	100	195	345	360	545
J3	120	225	395	410	635
J7	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925

Makespan 925

Tabel Awal 7

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J7	20	40	45	15	100
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J3	20	30	50	15	90
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 7

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J7	60	115	200	215	365
J4	80	160	270	285	455
J5	100	190	330	345	545
J6	120	235	390	405	645
J3	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 8

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J8	20	40	50	15	70
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J3	20	30	50	15	90
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 8

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J8	60	115	205	220	335
J4	80	160	275	290	425
J5	100	190	335	350	515
J6	120	235	395	410	615
J7	140	275	440	455	715
J3	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 9

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J9	20	30	70	15	120
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J3	20	30	50	15	90

Solusi Awal 9

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J9	60	105	225	240	385
J4	80	150	295	310	475
J5	100	180	355	370	565
J6	120	225	415	430	665
J7	140	265	460	475	765
J8	160	305	510	525	835
J3	180	335	560	575	925

Makespan

925

Tabel Awal 10

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J5	20	30	60	15	90
J4	20	45	70	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 10

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J5	80	135	265	280	445
J4	100	180	335	350	535
J6	120	225	395	410	635
J7	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 11

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J6	20	45	60	15	100
J5	20	30	60	15	90
J4	20	45	70	15	90
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 11

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J6	80	150	265	280	455
J5	100	180	325	340	545
J4	120	225	395	410	635
J7	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 12

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J7	20	40	45	15	100
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J4	20	45	70	15	90
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 12

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J7	80	145	250	265	455
J5	100	175	310	325	545
J6	120	220	370	385	645
J4	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 13

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J8	20	40	50	15	70
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J4	20	45	70	15	90
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 13

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J8	80	145	255	270	425
J5	100	175	315	330	515
J6	120	220	375	390	615
J7	140	260	420	435	715
J4	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 14

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J9	20	30	70	15	120
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J4	20	45	70	15	90

Solusi Awal 14

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J9	80	135	275	290	475
J5	100	165	335	350	565
J6	120	210	395	410	665
J7	140	250	440	455	765
J8	160	290	490	505	835
J4	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 15

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J6	20	45	60	15	100
J5	20	30	60	15	90
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 15

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J6	100	195	335	350	545
J5	120	225	395	410	635
J7	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 16

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J7	20	40	45	15	100
J6	20	45	60	15	100
J5	20	30	60	15	90
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 16

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J7	100	190	320	335	545
J6	120	235	380	395	645
J5	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 17

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J8	20	40	50	15	70
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J5	20	30	60	15	90
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 17

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J8	100	190	325	340	515
J6	120	235	385	400	615
J7	140	275	430	445	715
J5	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 18

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J9	20	30	70	15	120
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J5	20	30	60	15	90

Solusi Awal 18

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J9	100	180	345	360	565
J6	120	225	405	420	665
J7	140	265	450	465	765
J8	160	305	500	515	835
J5	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 19

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J7	20	40	45	15	100
J6	20	45	60	15	100
J8	20	40	50	15	70
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 19

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J5	100	180	335	350	535
J7	120	220	380	395	635
J6	140	265	440	455	735
J8	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 20

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J8	20	40	50	15	70
J7	20	40	45	15	100
J6	20	45	60	15	100
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 20

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J5	100	180	335	350	535
J8	120	220	385	400	605
J7	140	260	430	445	705
J6	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 21

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J9	20	30	70	15	120
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J6	20	45	60	15	100

Solusi Awal 21

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J5	100	180	335	350	535
J9	120	210	405	420	655
J7	140	250	450	465	755
J8	160	290	500	515	825
J6	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 22

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J8	20	40	50	15	70
J7	20	40	45	15	100
J9	20	30	70	15	120

Solusi Awal 22

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J5	100	180	335	350	535
J6	120	225	395	410	635
J8	140	265	445	460	705
J7	160	305	490	505	805
J9	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 23

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J9	20	30	70	15	120
J8	20	40	50	15	70
J7	20	40	45	15	100

Solusi Awal 23

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J5	100	180	335	350	535
J6	120	225	395	410	635
J9	140	255	465	480	755
J8	160	295	515	530	825
J7	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 24

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J4	20	45	70	15	90
J5	20	30	60	15	90
J6	20	45	60	15	100
J7	20	40	45	15	100
J9	20	30	70	15	120
J8	20	40	50	15	70

Solusi Awal 24

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J4	80	150	275	290	445
J5	100	180	335	350	535
J6	120	225	395	410	635
J7	140	265	440	455	735
J9	160	295	510	525	855
J8	180	335	560	575	925
Makespan	925				

Tabel Awal 25

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	25	45	15	90
J1	20	30	65	15	70
J3	20	30	50	15	90
J5	20	30	60	15	90
J9	20	30	70	15	120
J7	20	40	45	15	100
J8	20	40	50	15	70
J4	20	45	70	15	90
J6	20	45	60	15	100

Solusi Awal 25

Job / Mesin	M1	M2	M3	M4	M5
J2	20	45	90	105	195
J1	40	75	155	170	265
J3	60	105	205	220	355
J5	80	135	265	280	445
J9	100	165	335	350	565
J7	120	205	380	395	665
J8	140	245	430	445	735
J4	160	290	500	515	825
J6	180	335	560	575	925
Makespan	925				