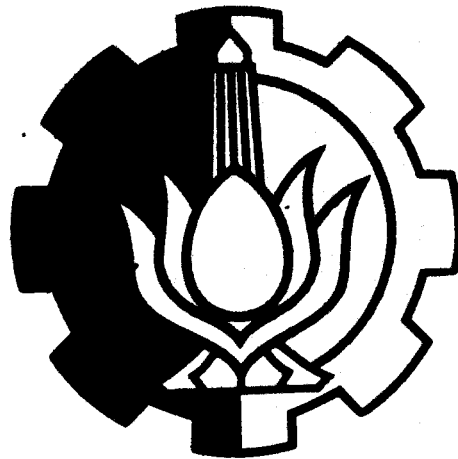


3100097008371

**PENJADUALAN FLOW SHOP
DENGAN METODE HEURISTIK MULTI TUJUAN**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan
Studi Strata Satu dan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri*



RSI
658.53
Efc
P-1
1996

Oleh :

NOER RACHMAN EFENDIE

2591100051

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	24 DEC 1996
Terima Dari	#
No. Agenda Pim.	6763

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing



Ir. MOSES LAKSONO SINGGIH, M.Sc., MRegSc., PhD

NIP. 131 694 604

Mengetahui

Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
S u r a b a y a

Ketua,

Dekan FTI - ITS



Ir. SRITOMO WIGNJOSOE BROTO, M.Sc.

NIP. 130 687 436

NILAI AKHIR SIDANG SARJANA TEKNIK INDUSTRI - ITS

Nama : Noer Rachman E.

Nrp. : 2591.100.051

Komponen :

Komponen / Aspek (1)	Bobot (persen) (2)	Nilai Perolehan (3)	Nilai Angka (2) x (3)
1. Seminar (dari Seminar T.A)	15	81.4	12.2
2. Sidang (dari Sidang Sarjana)	45	77.7	34.9
3. Tugas Akhir (khusus diberikan oleh Dosen Pembimbing)	40	85	34
Jumlah	100		81.1

Nilai Huruf : A B C D E

Skala Nilai :

A = 81 - 100 B = 66 - 80 C = 56 - 65 D = 41 - 55 E = 0 - 40

Surabaya, 8 Oktober 1996

Noer Rachman E.

Mahasiswa ybs.

Ir. Moses L. S., MSc. MReg.Sc. Ph.D.

Dosen Pembimbing

 <hr/> Dosen Penguji I	 <hr/> Dosen Penguji II	 <hr/> Dosen Penguji III
---------------------------	----------------------------	-----------------------------

Tugas Akhir ini saya persembahkan khusus untuk:

Bapak serta Ibuku tercinta,

Kakakku Suzana Rismawati, SP

dan Adikku Taufik Edy Tjahyono.

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.

Ya mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya. (Mereka Berdo'a):

' Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami bersalah, Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebaskan beban yang berat sebagaimana Engkau bebaskan kepada orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tak sanggup kami memikulnya. Beri ma'aflah kami; dan rahmatilah kami.

Engkau adalah Penolong kami, maka tolonglah kami terhadap kaum yang kafir'

(QS AL BAQARAS : 286)

ABSTRAK

CV. Mentari Massen Toys Indonesia yang memproduksi berbagai macam mainan dari kayu, selama ini hanya menggunakan satu kriteria tujuan dalam melakukan penjadualan produksi. Yaitu terselesaikannya semua permintaan yang ada dengan cepat.

Dengan hanya mempertimbangkan satu kriteria tujuan, maka akan ada kriteria-kriteria lain yang diabaikan. Sedangkan kriteria yang diabaikan tersebut, mungkin sangat berpengaruh terhadap biaya produksi secara keseluruhan.

Berdasarkan pertimbangan di ataslah, maka dalam tugas akhir ini dicoba untuk menerapkan metode penjadualan yang mempertimbangkan tiga kriteria sekaligus. Kriteria yang akan dijadikan tujuan penjadualan adalah minimasi makespan, total flow time dan total idle time mesin.

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data sistem produksi berupa jumlah dan macam mesin, jumlah dan macam job (permintaan), waktu kerja efektif dan lama proses tiap job di tiap mesin.

Untuk mencari jadual terbaik digunakan metode heuristik. Sedangkan penyelesaian awalnya adalah penyelesaian dari metode Cambell Dudek Smith, yang hanya meminimumkan makespan. Dari penyelesaian awal tersebut akan dilakukan penukaran urutan, antara job yang berada pada urutan ke- r dan job yang urutan ke- $r+1$. Pertukaran ini masih mengacu pada minimasi makespan sebagai tujuan penjadualannya.

Dari jadual dengan makespan minimum tersebut dihitung selisih antara total waktu proses job urutan ke- l pada semua mesin dan total waktu proses job pada urutan ke- $l+1$ pada semua mesin. Dari job-job yang mempunyai selisih positif akan dibentuk *seed*. Job dengan selisih waktu proses terbesar akan ditukar urutannya dengan job yang berada pada urutan berikutnya, sehingga dibentuk jadual baru.

Jadual baru dan jadual lama dihitung besarnya makespan, total flow time dan total idle time, kemudian dihitung besarnya rasio perubahan performansi jadual baru dan jadual lama. Jadual baru dipakai sebagai acuan pembuatan alternatif jadual berikutnya, jika nilai rasio perubahan pencapaian kriterianya lebih besar dari jadual lama. Iterasi ini akan dilakukan terus sampai anggota *seed* kosong atau rasio perubahan performansi jadual baru lebih kecil dari rasio perubahan performansi jadual lama.

Penjadualan di CV. Mentari Massen Toys Indonesia dengan multi tujuan, menghasilkan jadual dengan Makespan 25.59, Total Flow Time 80.19 dan Total Idle Time 56.77. Sedangkan dengan tujuan tunggal (makespan) didapat jadual dengan Makespan 25.28, Total Flow Time 91.54 dan Total Idle Time 57.06.

Sebagai akhir dari tugas akhir ini, metode yang diusulkan akan diwujudkan dalam bentuk program komputer untuk memudahkan proses penjadualan berikutnya jika komposisi permintaan berubah.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah Rabbil Alamin Ke hadirat Allah swt, atas segala rahmat, taufik hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk menyelesaikan studi strata satu di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak, Ibu, kakak dan adikku tercinta atas dorongan materiil dan spirituil yang diberikan. Semoga Allah selalu memudahkan segala urusan kita di dunia dan di akherat kelak.
2. Bapak Ir. Moses Laksono Singgih, MSc. MRegSc., PhD., selaku dosen pembimbing Tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Bustanul Arifin Noer, MSc., sebagai dosen wali selama penulis menempuh kuliah.
4. Bapak Ir. Patdono Suwignjo, MEngSc., yang telah memberikan nasehat dan bimbingan pada awal penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Teknik Industri ITS yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi.

6. Keluarga Gebang Roda No.2 , Ibu Suratmi, Cak Bas, Didim, Ongko, Mas Rachman, Dani, Soni, Syafik dan Gunawan atas keharmonisannya.
7. Rekan Rofiq "DJ " Santoso, atas bantuannya dalam menyediakan fasilitas komputer beserta printernya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
8. Rekan Gangsar, Setiono, Yani, Ulum, Kholiq atas persahabatan yang terbina selama ini. Semoga sukses selalu menyertai kita.
9. Rekan Angkatas '91 yang telah memberikan warna khusus selama penulis menjadi mahasiswa.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga bantuan yang telah diberikan diterima Allah sebagai amal yang sholeh.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran konstruktif sangat dinantikan. Harapan penulis semoga buku ini dapat memberi manfaat yang sebesar-besarnya bagi semua pembacanya.

Surabaya, Oktober 1996

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAKSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Dan Manfaat Penelitian	3
1.4. Asumsi Dan Pembatasan Masalah	4
1.5. Metode Pembahasan.....	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1. Pengukuran Waktu Standar Dan Penetapan Waktu Kerja .	7
2.1.1. Pengukuran Waktu Kerja Dengan Jam Henti	8
2.1.2. Penetapan Jumlah Siklus Kerja	11
2.1.3. Uji Keseragaman Data	13

2.1.4.	Uji Kesesuaian Distribusi Normal	14
2.1.5.	Penetapan Waktu Normal	15
2.1.6.	Penetapan Waktu Baku	16
2.2.	Penjadualan Produksi	18
2.2.1.	Penjadualan Flow Shop	23
2.2.2.	Jadual Permutasi	28
2.2.3.	Johnson's Problem	31
2.2.4.	Pendekatan Heuristik	33
2.2.5.	Metode Heuristik Untuk Mrnjadualkan Flow Shop Dengan Multi Tujuan	34
2.2.5.1.	Algoritma Johnson	35
2.2.5.2.	Metode Cammbel, Dudek, Smith	36
2.2.5.3.	Algoritma Heuristik Untuk Minimasi Makespan, Total Flow Time dan Idle Time	37
2.2.6.	Ilustari Numerik	40
2.3.	Analisa Hasil Penjadualan	44
2.3.1	Penerapan Di Perusahaan	44
2.3.2	Analisa Simulasi Penjadualan	44
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	48
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	51
3.1	Sistem Produksi	52
3.2	Waktu Standar Penyelesaian Operasi	59

BAB V	ANALISA DAN PEMBAHASAN	65
5.1	Penerapan di CV. Mentari Massen Toys Indonesia	65
5.1.1	Penjadualan Dengan Metode Heuristik Multi Tujuan	65
5.1.2	Penjadualan Dengan Kriteria Performansi Tunggal	67
5.2.	Hasil Simulasi Penjadualan	70
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1.	Kesimpulan	73
6.2.	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN A	DATA HASIL PENGUKURAN	
LAMPIRAN B	HASIL UJI DISTRIBUSI NORMAL	
LAMPIRAN C	TABEL NILAI D_n^{α} UJI KOLMOGOROV SMIRNOV	
LAMPIRAN D	FLOW CHART PROGRAM	
LAMPIRAN E	LISTING PROGRAM KOMPUTER	

DAFTAR TABEL

No	No. Tabel	Isi	Hal
1	Tabel 2.1	Performane rating Westng House System's Rating	17
2	Tabel 2.2	Contoh penyisipan idle time	25
3	Tabel 2.3	Data untuk ilustrasi numerik	40
4	Tabel 2.4	Alternatif jadual algoritma johnson	40
5	Tabel 2.5	Alternatif jadual metode CDS	41
6	Tabel 4.1 a	Hasil pengolahan data produk MB P80018G	59
7	Tabel 4.1 b	Hasil pengolahan data produk MB P8013	60
8	Tabel 4.1 c	Hasil pengolahan data produk MB P8014	60
9	Tabel 4.1 d	Hasil pengolahan data produk MB P80016	60
10	Tabel 4.2 a	Uji distribusi produk MBP8018G	61
11	Tabel 4.2 b	Uji distribusi produk MBP8013	61
12	Tabel 4.2 c	Uji distribusi produk MBP8014	61
13	Tabel 4.2 d	Uji distribusi produk MBP8016	62
14	Tabel 4.3	Hasil pengolahan data permintaan, jumlah TK, Ws	63
15	Tabel 4.4	Input penjadualan	64
16	Tabel 5.1	Perbandingan pencapaian performansi CV. Mentari Massen Toys Indonesia	70
17	Tabel 5.2	Performansi lain yang diperoleh dengan multi tujuan	70
18	Tabel 5.3	Perbandingan persen error untuk makespan	71

DAFTAR GAMBAR

No	No Gambar	Keterangan	Hal
1	Gambar 2.1	Langkah sistematis dalam pengukuran kerja	18
2	Gambar 2.2	Pola aliran Flow shop	24
3	Gambar 2.3	Struktur pendahulu linier	25
4	Gambar 2.3a	Jadual permutasi dan jadual optimal	27
5	Gambar 2.4	Pertukaran berpasangan pada mesin 1	29
6	Gambar 2.4	Pertukaran berpasangan pada mesin m	30
7	Gambar 3.1	Metodologi penelitian	50
8	Gambar 4.1a	Bentuk produk sebelum masuk spindel	55
9	Gambar 4.1b	Bentuk produk sesudah masuk spindel	55
10	Gambar 4.2	Peta proses pengerjaan bat tennis secara umum	58
11	Gambar 5.1	Gantt chart hasil penjadual dengan multi tujuan	67
12	Gambar 5.2	Gantt chart hasil penjadual dengan tujuan tunggal	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Perkembangan industri khususnya industri manufaktur dewasa ini, telah memaksa kita untuk selalu mencari alternatif terbaik dalam usaha memenuhi kebutuhan yang beraneka ragam. Tetapi karena terbatasnya sumber daya yang dimiliki perusahaan maka usaha tersebut menjadi sulit untuk dilakukan. Karena itu peningkatan utilitas dan produktivitas masing-masing sumber daya harus segera dilakukan. Khususnya sumber daya yang terlibat langsung di bidang produksi. Dengan demikian berbagai macam kebutuhan konsumen akan lebih bisa dipenuhi.

Penjadwalan produksi yang tujuannya melakukan pengalokasian fasilitas produksi untuk melaksanakan suatu pekerjaan merupakan proses yang akan mempengaruhi tercapainya usaha peningkatan produktivitas dan utilitas sumber daya perusahaan khususnya di rantai produksi.

Selama ini telah banyak metode penjadwalan, khususnya untuk menjadwalkan flow shop yang dicoba diaplikasikan di industri manufaktur. Tetapi berbagai metode tersebut sebagian besar hanya mempertimbangkan satu kriteria performance sebagai tujuan utamanya. Sehingga bisa saja mengorbankan kriteria performance yang lain. Sedang kriteria yang dikorbankan tersebut kadang-kadang sangat berpengaruh terhadap utilitas dan produktivitas sumber daya perusahaan khususnya mesin dan tenaga kerja langsungnya.

Berbagai kriteria yang sering digunakan dalam proses pembuatan jadwal produksi dalam industri antara lain:

1. Minimasi rata-rata flow time.
2. Minimasi idle time mesin
3. Minimasi makespan
4. Minimasi rata-rata lateness

Sedangkan dalam tugas akhir ini akan dicoba menerapkan metode penjadualan yang mempertimbangkan tiga kriteria performance sekaligus. Ketiga kriteria tersebut adalah kriteria performansi reguler, yaitu: minimasi makespan, idle time mesin dan total flow time.

1.2 Perumusan Masalah

Selama ini penjadualan flow shop dilakukan hanya dengan mempertimbangkan satu kriteria performance sebagai tujuan penjadualan. Dengan pengertian bahwa jika satu kriteria performance yang menjadi tujuan dari proses penjadualan maka kriteria performance yang lain diabaikan.

Dalam tugas akhir ini dicoba untuk diaplikasikan metode penjadualan yang mempertimbangkan tiga kriteria performance sekaligus dalam proses penjadualan. Kriteria performance tersebut adalah flow time, makespan dan idle time mesin.

Tetapi sebelumnya akan dilakukan validasi prosedur, yaitu dengan melihat berapa besar penyimpangan yang terjadi jika metode multi tujuan diterapkan dibanding jika penjadualan dilakukan dengan satu tujuan. Penjadualan multi tujuan yang akan diterapkan tidak akan menghasilkan jadwal yang minimal tetapi mencoba

mencari jadwal yang optimal dengan mencari kombinasi terbaik dari masing-masing tujuan yang ingin dicapai.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis mempunyai tujuan untuk:

1. Menerapkan beberapa konsep yang ada dalam menyelesaikan masalah penjadualan dan pengendalian lantai produksi khususnya yang bertipe flow shop.
2. Menerapkan metode heuristik untuk melakukan penjadualan flow shop dengan mempertimbangkan multi tujuan.
3. Mengetahui besarnya rata-rata penyimpangan dalam mencapai kriteria performansi jika kita menggunakan metode heuristik multi tujuan dibandingkan dengan jika kita menggunakan metode penjadualan dengan tujuan tunggal.
4. Menganalisa keuntungan-keuntungan yang bisa diperoleh jika kita melakukan penjadualan flow shop dengan mempertimbangkan beberapa kriteria performance serta faktor-faktor yang mempengaruhi keefektivan metode penjadualan heuristik multi tujuan.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dari hasil penelitian ini adalah memberikan alternatif lain bagi kalangan industri khususnya industri manufaktur yang bertipe flow shop untuk menerapkan metode heuristik dalam melakukan penjadualan

dengan multi tujuan. Hal ini akan lebih mudah dilakukan karena cara penjadualan telah diwujudkan dalam bentuk program komputer.

Meningkatkan kemampuan peneliti untuk bisa mengaplikasikan teori-teori khususnya yang berhubungan dengan penjadualan produksi dalam dunia industri secara nyata.

1.4 Asumsi Dan Pembatasan Masalah

Dalam pembahasan ini penulis menggunakan batasan sebagai berikut:

1. Sistem produksi adalah flow shop.
2. Bahan baku telah tersedia saat proses dimulai.
3. Pola kedatangan job adalah statis atau semua job telah ada pada saat $t = 0$
4. Kondisi mesin dan peralatan produksi adalah baik selama proses produksi.
5. Biaya menganggur setiap mesin adalah sama.

1.5 Metode Pembahasan

Dalam tugas akhir ini pembuatan jadwal untuk proses produksi pada flow shop dimulai dengan penjadualan yang mempertimbangkan satu tujuan kemudian dibandingkan dengan multi tujuan, yaitu dengan:

1. Minimasi flow time (waktu alir) dengan menggunakan metode Heuristik Gupta.

Metode Heuristik Gupta merupakan metode heuristik terbaik dalam hal pencapaian kriteria performansi total/rata-rata flow time (Kenneth R. Baker, *Introduction to sequencing and scheduling*).

2. Minimasi Makespan dengan metode heuristik Campbell, Dudek dan Smith.
Metode ini secara umum lebih efektif untuk penjadualan dengan mesin lebih dari tiga dibanding dengan metode lain (Thomas E. Morton & David W. Pentico, *Heuristic Scheduling System*).
3. Minimasi idle time mesin dengan metode heuristik.
4. Mempertimbangkan multi tujuan dengan Metode Heuristik multi tujuan.

Setelah dilakukan penjadualan dengan keempat metode tersebut, baru dilihat berapa penyimpangan yang terjadi pada penjadualan dengan multi tujuan dibanding dengan penjadualan yang mempertimbangkan satu kriteria tujuan.

Pengukuran penyimpangan diukur dengan melihat distribusi dari variansi hasil penjadualan dengan metode heuristik multi tujuan dibanding dengan penjadualan jika kita menggunakan kriteria performansi tunggal.

Sedangkan untuk mencari faktor yang mempengaruhi keefektifan metode heuristik multikriteria akan dilakukan dengan menganalisa hasil penjadualan dari berbagai metode penjadualan yang dipakai.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini sistematika penulisan yang dipakai adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penulisan, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, batasan permasalahan, metode pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi tentang teori-teori yang mendukung penulisan penelitian tugas akhir ini, yaitu teori tentang pengukuran dan penetapan waktu standar proses permesinan, tentang sistem produksi dan mengenai penjadualan produksi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi metodologi bagaimana melakukan penjadualan flow shop dengan metode heuristik multi tujuan. Mulai dari pengumpulan data sampai pelaksanaan penjadualan serta cara analisa yang akan dilakukan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisi data tentang macam produk, urutan proses pengerjaan, waktu proses tiap mesin dan demand tiap produk. Kemudian data mentah diolah menjadi data waktu standar.

BAB V ANALISA HASIL PENJADUALAN

Berisi hasil penjadualan dengan metode heuristik multi tujuan di perusahaan tempat penelitian dilakukan. Analisa juga dilakukan terhadap penyimpangan dalam hal pencapaian kriteria performansi jika dibandingkan dengan metode lain yang dipilih.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan yang diambil dari pembahasan dan saran-saran yang ditujukan bagi pihak perusahaan serta bagi penulisan karya tulis berikutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

Untuk melakukan penelitian mengenai penjadualan produksi khususnya yang bertipe flow shop diperlukan teori-teori yang berhubungan dengan proses identifikasi sistem produksi. Teori-teori tersebut diantaranya: cara melakukan pengumpulan dan pengolahan data, karakteristik sistem produksi dan metode penjadualan yang akan dipakai serta cara menganalisa hasil penjadualannya.

2.1 Pengukuran Waktu Standar Dan Penetapan Waktu Kerja

Pengukuran kerja adalah suatu metoda penetapan keseimbangan antara jalur manusia yang dikontribusikan dengan jumlah output yang dihasilkan. Waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Di sini sudah meliputi waktu kelonggaran yang diberikan dengan memperhatikan situasi dan kondisi pekerjaan yang harus diselesaikan tersebut. Dengan demikian waktu yang dihasilkan dalam aktivitas pengukuran kerja ini dapat digunakan untuk menyusun jadual kerja. Hasil ini menyatakan berapa lama suatu kegiatan harus berlangsung dan berapa output yang seharusnya dapat diselesaikan. Selain itu juga bisa menentukan berapa jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dan menentukan pekerja mana saja yang seharusnya diberi bonus atau insentif.

Teknik pengukuran waktu kerja pada garis besarnya dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu secara langsung dan secara tidak langsung. Cara pertama dilakukan di tempat dimana pekerjaan yang diukur dijalankan. Cara ini adalah menggunakan jam henti dan sampling kerja. Cara yang lain adalah dilakukan oleh pengamat tanpa harus berada di tempat pekerjaan yang diukur. Cara ini bisa dilakukan dalam aktivitas data waktu baku (standar data) dan data waktu gerakan (predetermined time system).

2.1.1 Pengukuran Waktu Kerja Dengan Jam Henti

Metode ini terutama baik sekali diterapkan untuk pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang. Dari hasil pengukuran akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan.

Di sini akan diberlakukan asumsi-asumsi dasar sebagai berikut

- ⇒ Metode dan fasilitas kerja untuk menyelesaikan pekerjaan harus sama dan dibakukan terlebih dahulu sebelum mengaplikasikan waktu baku ini untuk pekerjaan serupa.
- ⇒ Operator harus memahami benar prosedur dan metoda pelaksanaan kerja sebelum dilakukan pengukuran kerja. Operator yang dibebani dengan waktu baku ini memiliki tingkat kemampuan yang sama dan sesuai untuk pekerjaan tersebut. Untuk itu syarat mutlak pada waktu memilih operator yang dianalisa waktu kerjanya, sedapat mungkin memilih operator yang benar-benar memiliki tingkat kemampuan rata-rata.

⇒ Kondisi lingkungan fisik pekerjaan juga relatif sama dengan kondisi fisik pada saat pengukuran kerja dilakukan.

⇒ Performansi kerja mampu dikendalikan pada tingkat yang sesuai untuk seluruh periode pekerjaan.

Aktivitas pengukuran kerja dengan jam henti pada umumnya diaplikasikan pada industri yang memiliki kriteria sebagai berikut:

- Pekerjaan tersebut harus dilaksanakan secara repetitif dan uniform.
- Isi dan macam pekerjaan harus homogen.
- Hasil atau output dari kerja yang dilakukan harus dapat dihitung secara nyata, baik secara keseluruhan atau elemen-elemennya.
- Pekerjaan tersebut cukup banyak dilaksanakan dan teratur sifatnya sehingga memungkinkan untuk diukur dan dihitung waktu bakunya.

Secara garis besar langkah-langkah untuk pelaksanaan pengukuran waktu kerja dengan jam henti adalah sebagai berikut:

- ◆ Pilih dan definisikan pekerjaan yang akan diukur.
- ◆ Informasikan maksud dan tujuan pengukuran kerja kepada pekerja dan supervisiornya,
- ◆ Pilih operator dan catat semua data yang berkaitan dengan sistem operasi kerja.
- ◆ Bagi siklus kegiatan yang berlangsung dalam elemen-elemen kegiatan yang sesuai dengan aturan yang ada.

- ◆ Laksanakan pengamatan dan pengukuran waktu sejumlah N pengamatan untuk setiap siklus/elemen kegiatan
- ◆ Tetapkan performance rating dari kegiatan yang ditunjukkan operator.
- ◆ Lakukan tes kecukupan data dan keseragaman data.
- ◆ Tetapkan waktu kerja normal berdasarkan performansi kerja operator.
- ◆ Tetapkan waktu longgar guna memberikan fleksibilitas.
- ◆ Tetapkan waktu kerja baku (standar time), yaitu jumlah antara waktu normal dan waktu longgar.

Ada tiga macam metode yang biasa digunakan untuk mengukur elemen kerja dengan menggunakan jam henti, yaitu pengukuran secara terus-menerus, pengukuran secara berulang-ulang dan pengukuran waktu secara kumulatif

Pada pengukuran secara terus menerus maka pengamat kerja akan menekan tombol stop-watch pada saat elemen kerja yang pertama dimulai dan membiarkan jarum penunjuk stop-watch berjalan secara terus menerus sampai siklus kerja selesai.

Pengukuran waktu secara berulang-ulang di sini jarum penunjuk stop-watch akan selalu dikembalikan lagi ke posisi nol pada setiap akhir dari elemen kerja yang diukur. Setelah dilihat dan dicatat waktu kerjanya, kemudian tombol ditekan lagi dan segera jarum penunjuk bergerak untuk mengukur elemen kerja berikutnya.

Metoda pengukuran waktu secara kumulatif memungkinkan pembacaan data waktu secara langsung untuk masing-masing elemen kerja yang ada. Di sini akan digunakan dua atau lebih stop-watch yang akan digunakan secara bergantian.

2.1.2 Penetapan Jumlah Siklus Kerja

Aktivitas pengukuran kerja pada dasarnya adalah merupakan proses sampling. Konsekuensinya adalah bahwa semakin besar jumlah siklus kerja yang diamati atau diukur maka akan semakin mendekati kebenaran data-data waktu yang diperoleh. Konsistensi dari hasil pengukuran dan ketepatan pembacaan waktu dari stop-watch merupakan hal yang diinginkan dalam proses pengukuran kerja. Semakin kecil variasi atau perbedaan data waktu yang ada, jumlah pengamatan/pengukuran yang dilakukan juga akan kecil.

Untuk mengevaluasi penyimpangan terhadap nilai waktu rata-rata perlu diasumsikan bahwa variasi nilai waktu dari satu siklus pengamatan ke siklus pengamatan yang lain adalah disebabkan oleh faktor-faktor yang serba kebetulan. Standar error dari harga rata-rata untuk setiap elemen kerja dapat dinyatakan dalam rumus:

$$\delta_x = \frac{\delta'}{\sqrt{N}}$$

Dimana: δ_x = penyimpangan standar dari distribusi rata-rata.

δ' = Penyimpangan standar dari populasi untuk elemen kerja yang ada.

N = Jumlah pengamatan untuk elemen kerja yang diukur.

Penyimpangan standard dinyatakan dengan tanda δ (sigma), yang dinyatakan dalam formula berikut:

$$\delta = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N} - (\bar{x})^2}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N} - \left[\frac{\sum x}{N}\right]^2} = \frac{1}{N} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Dengan mengkombinasikan formula yang ada maka diperoleh:

$$\delta_{\bar{x}} = \frac{\frac{1}{N} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sqrt{N}}$$

Untuk menetapkan berapa jumlah observasi yang seharusnya dibuat (N') maka di sini harus diputuskan terlebih dahulu tingkat kepercayaan (Confidence level) dan derajat ketelitian (degree of accuracy) untuk pengukuran ini. Di dalam pengukuran aktivitas kerja biasanya akan diambil 95% confidence level dan 5% degree of accuracy. Dengan demikian formula di atas dapat ditulis lagi sebagai berikut:

$$0,05 \bar{x} = 2 \delta_{\bar{x}} \quad \text{atau} \quad 0,05 \frac{\sum x}{N} = 2 \delta_{\bar{x}}$$

$$0,05 \frac{\sum x}{N} = 2 \frac{\frac{1}{N} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sqrt{N'}}$$

$$N' = \left| \frac{40 \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right|_2$$

Dimana N' adalah jumlah pengamatan/pengukuran yang seharusnya dilaksanakan. Apabila selanjutnya dikehendaki tingkat kepercayaan 95 % dan tingkat ketelitian 10% maka rumus akan berubah:

$$N' = \left[\frac{20 \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

2.1.3 Uji Keseragaman Data

Test keseragaman data perlu kita lakukan terlebih dahulu sebelum kita menggunakan data yang kita peroleh untuk menetapkan waktu standar. Test keseragaman data bisa dilaksanakan dengan cara visual atau dengan mengaplikasikan peta kontrol.

Test keseragaman data secara visual dilakukan secara sederhana, mudah dan cepat dengan cara melihat data yang terkumpul dan seterusnya mengidentifikasi data yang terlalu ekstrim.

Peta kontrol adalah suatu alat yang tepat guna dalam mengetes keseragaman data atau keajegan data. Batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) dapat dicari dengan formulasi berikut:

$$BKA = \bar{x} + 3 SD \text{ dan } BKB = \bar{x} - 3 SD$$

Dimana : $\bar{x} = \bar{x}$ dari group

2.1.4. Uji Kesesuaian Distribusi Normal

Untuk memastikan apakah sekumpulan data terdistribusi normal atau tidak, sekumpulan data yang diperoleh tersebut perlu diuji. Ada dua uji kesesuaian yang bisa digunakan, yaitu: uji Chi Square dan uji Kolmogorov-Smirnov.

Uji Chi Square digunakan untuk menguji kebaikan suai antara frekuensi amatan dan frekuensi harapan yang didasarkan pada besaran:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Dimana:

χ^2 : adalah nilai peubah acak X yang berdistribusi sampelnya dihipotesiskan sangat dekat dengan distribusi Chi Kuadrat

o_i : adalah frekuensi pengamatan dalam sel ke-i

e_i : adalah frekuensi harapan dalam sel ke-i

Bila frekuensi amatan dekat dengan frekuensi harapan padanannya, maka nilai akan kecil, dan ini menunjukkan kesesuaian yang baik. Bila frekuensi amatan cukup berbeda dengan frekuensi harapan maka nilai distribusi Chi kuadrat akan besar dan ini menunjukkan kesesuaian yang jelek. Kesesuaian yang baik akan mendukung penerimaan H_0 , sedangkan kesesuaian yang jelek akan mendukung penolakannya.

Uji Kolmogorov Smirnov (K-S) dipergunakan untuk data kontinyu berdistribusi kontinyu pula. Uji K-S mempunyai keuntungan lebih jika dibandingkan dengan uji Chi Square dalam hal tidak adanya informasi data yang hilang karena data tidak perlu dikelompokkan pada saat pengujian.

Jika X_1, X_2, \dots, X_n adalah order statistik dari variabel random yang independen dengan distribusi hipotesa $F^n(x)$ dan distribusi empirisnya didefinisikan sebagai $F_n(x)$. Selanjutnya fungsi distribusi empiris tersebut dibandingkan dengan suatu fungsi distribusi penduga $F^n(x)$ dengan hipotesa sebagai berikut:

H_0 : $F^n(x)$ hipotesa dugaan.

H_1 : H_0^c

Fungsi distribusi empiris $F_n(x)$ dari data X_1, X_2, \dots, X_n didefinisikan sebagai $F_n(x_i)$, dimana $i = 1, 2, \dots, n$. Statistik untuk uji K-S adalah sebagai berikut:

$$D_n^+ = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{N} - F^n(x_i) \right\}$$

$$D_n^- = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ F^n(x_i) - \frac{i-1}{N} \right\}$$

$$D_n = \max \{ D_n^+, D_n^- \}$$

H_0 akan ditolak bila $\left[\sqrt{N} - 0,01 + \frac{0,85}{\sqrt{N}} \right] D_n > C_{1-\alpha}$. Dimana $C_{1-\alpha}$ didapat dari tabel Kolmogorov Smirnov. Data berdistribusi normal apabila H_0 diterima.

2.1.5 Penetapan waktu normal

Waktu yang didapat dari rata-rata pengukuran belum bisa dijadikan patokan untuk melakukan analisa waktu proses suatu operasi. Karena kecepatan kerja seseorang sangat beragam. Untuk mendapatkan keseragaman kecepatan yang sesuai dengan kecepatan kerja normal, maka perlu ditetapkan performance rating.

Dengan rating tersebut diharapkan waktu kerja yang diukur bisa dinormalkan kembali.

Penetapan performance rating bersifat subyektif, sehingga untuk masing-masing peneliti mungkin tidak sama. Tetapi sesuai atau tidaknya performance rating yang ditetapkan peneliti akan sangat tergantung dari keahlian peneliti dalam menganalisa unjuk kerja yang dilakukan oleh seorang operator yang diamatinya

Ada beberapa cara yang bisa digunakan untuk menetapkan performance rating seseorang. Dalam penelitian tugas akhir ini dipergunakan *Westing house system's rating*. Sistem ini dianggap baik karena dalam penetapan performance rating telah dipertimbangkan beberapa faktor yang dianggap akan mempengaruhi kecepatan kerja seseorang. Faktor-faktor tersebut adalah: Skill, Effort, Condition dan Consistency. Sedang unjuk kerja seseorang dalam hal faktor-faktor tersebut dibedakan dalam beberapa tingkatan. Dan masing-masing tingkatan diberi bobot, seperti yang tercantum pada tabel 2.1.

Performance rating yang didapat adalah pejumlahan dari skor yang didapat dari tiap-tiap faktor, kemudian ditambah 1. Dan dapat ditetapkan bahwa waktu normal suatu operasi merupakan perkalian antara rata-rata waktu amatan dengan performance rating yang ditetapkan.

$$\text{Waktu Normal} = \text{Waktu observasi rata-rata} \times \text{Performance Rating}$$

Tabel 2.1 Performance rating dengan Westing House System's Rating

SKILL			EFFORT		
+ 0.15	A1	Supeskill	+ 0.13	A1	Superskill
+ 0.13	A2		+ 0.12	A2	
+ 0.11	B1	Excelent	+ 0.10	B1	Excelent
+ 0.08	B2		+ 0.08	B2	
+ 0.06	C1	Good	+ 0.05	C1	Good
+ 0.03	C2		+ 0.02	C2	
0.00	D	Average	0.00	D	Average
- 0.05	E1	Fair	- 0.04	E1	Fair
- 0.10	E2		- 0.08	E2	
- 0.16	F1	Poor	- 0.12	F1	Poor
- 0.22	F2		- 0.17	F2	
CONDITION			CONSISTENCY		
+ 0.06	A	Ideal	+ 0.04	A	Ideal
+ 0.04	B	Exelent	+ 0.03	B	Excelent
+ 0.02	C	Good	+ 0.01	C	Good
0.00	D	Average	- 0.00	D	Average
- 0.03	E	Fair	- 0.02	E	Fair
- 0.07	F	Poor	- 0.04	F	Poor

2.1.6 Penetapan Waktu Baku

Waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja adalah semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan normal. Walau demikian pada prakteknya tidaklah bisa diharapkan operator akan mampu bekerja secara terus menerus sepanjang hari tanpa adanya interupsi sama sekali. Waktu longgar yang dibutuhkan dan akan menginterupsi proses produksi ini bisa diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

- ◆ Kelonggaran waktu untuk kebutuhan personal.

Pada dasarnya setiap pekerja memerlukan kelonggaran waktu untuk keperluan yang bersifat kebutuhan pribadi, misalnya kebutuhan akan membuang air kecil.

- ◆ Kelonggaran waktu untuk melepas lelah.

Kelelahan fisik manusia bisa disebabkan karena beberapa hal diantaranya adalah kerja yang membutuhkan pikiran banyak dan kerja fisik.

- ◆ Kelonggaran waktu karena keterlambatan-keterlambatan.

Keterlambatan bisa disebabkan oleh faktor-faktor yang dapat dihindari dan faktor-faktor yang sulit dihindari.

Sehingga waktu baku (waktu standar) dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$\text{Waktu baku} = \text{Waktu Normal} + (\text{Waktu Normal} \times \text{Allowance})$$

atau

$$\text{Waktu baku} = \text{Waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \text{Allowance}}$$

Dimana: Waktu Normal = Waktu observasi rata-rata x Performance Rating

2.2 Penjadualan Produksi

Penjadualan produksi adalah pengalokasian sumber produksi selama periode tertentu untuk mengerjakan sejumlah tugas. Permasalahan penjadualan muncul setelah masalah perencanaan produksi yang mendasar telah terpecahkan. Dan merupakan masalah sekunder dalam rangkaian keputusan manajerial yang lebih luas.

Fungsi penjadualan menjadi sangat relevan untuk diterapkan setelah sifat dari tugas yang harus dikerjakan telah digambarkan dan dikonfigurasi dengan jelas. Pada umumnya masalah penjadualan terjadi dimana ketersediaan sumber daya produksi pada dasarnya tetap, dan hal itu telah ditetapkan sebagai keputusan jangka panjang dari perusahaan.

Secara ideal, tujuan dari proses penjadualan haruslah mencakup semua aspek biaya yang ditimbulkan dan dipengaruhi oleh proses penjadualan. Dalam prakteknya biaya-biaya ini sangatlah sukar untuk diukur atau bahkan diidentifikasi secara lengkap. Namun demikian ada tiga jenis tujuan pengambilan keputusan yang umumnya digunakan dalam proses penjadualan, yaitu:

1. Utilisasi sumber daya secara efisien
2. Kecepatan respon terhadap perubahan permintaan
3. Ketepatan melakukan penjadualan dengan batas due date yang ditentukan.

Untuk melakukan penjadualan dengan baik ada dua pertanyaan yang harus dijawab, yaitu:

1. Sumber daya-sumber daya yang mana yang akan dialokasikan untuk melaksanakan setiap tugas ?
2. Bila mana setiap tugas akan dilaksanakan ?

Solusi dari proses penjadualan adalah berupa beberapa solusi yang layak dan menyangkut keputusan pengalokasian dan sequencing (pengurutan) tugas-tugas yang akan dijadualkan.

Masalah penjadualan produksi dapat dinyatakan dengan adanya n pekerjaan yang harus diproses, dimana setiap pekerjaan mempunyai waktu proses, waktu set up pada satu atau beberapa mesin. Untuk itu diperlukan suatu pengurutan atau penjadualan pekerjaan yang ada sehingga didapat kriteria performance tertentu yang optimal atau mendekati optimal.

Kriteria performance yang dipakai dalam penilaian suatu hasil proses penjadualan sering kali ditentukan berdasarkan kebijakan perusahaan. Hal ini berkaitan dengan kepentingan dan tujuan perusahaan tersebut.

Adapun kriteria yang biasa digunakan dalam penilaian terhadap hasil proses penjadualan antara lain:

1. Rata-rata waktu aliratau rata-rata waktu suatu pekerjaan berada dalam suatu sistem produksi (mean flow time).
2. Waktu menganggur mesin.
3. Rata-rata lateness pekerjaan, yaitu perbedaan antara waktu penyelesaian pekerjaan sesungguhnya dengan batas waktu penyelesaian pekerjaan tersebut.
4. Rata-rata earliness pekerjaan, yaitu nilai lateness yang negatif.
5. Rata-rata tardiness pekerjaan, yaitu nilai lateness yang positif.
6. Rata-rata waktu antri pekerjaan dalam sistem produksi.
7. Rata-rata jumlah pekerjaan yang berada dalam sistem produksi
8. Persentase pekerjaan yang tidak tepat waktu.

Permasalahan penjadualan diklasifikasikan menurut beberapa macam faktor. Perlakuan terhadap pekerjaan akan berbeda satu sama lain jika karakteristik sistem kerja yang bersangkutan berbeda. Adapun faktor-faktor yang membedakan pekerjaan itu adalah:

- a) Jumlah pekerjaan yang harus dijadualkan, meliputi jumlah pekerjaan yang harus diproses dan jenis mesin yang dibutuhkan, harus didefinisikan secara jelas.

- b) Jumlah mesin dan jenis mesin yang ada di rantai produksi dan dibedakan menurut fungsinya.
- c) Jenis fasilitas manufaktur. Jika aliran kontinyu dan pekerjaan-pekerjaan tersebut memerlukan sejumlah mesin yang sama urutanya serta memiliki pola aliran tertentu maka pekerjaan itu digolongkan sebagai *flow shop*. Dan jika pola aliran pekerjaan dalam rantai produksi tidak mempunyai aliran tertentu maka digolongkan sebagai *job shop*.
- d) Pola kedatangan pekerjaan statis atau dinamis. Jika kedatangan pekerjaan secara intermiten menurut proses stokastik maka digolongkan sebagai *pola dinamis*. Dan jika pola kedatangan pekerjaan pada fasilitas produksi kontinyu maka polanya disebut *pola statis*.
- e) Kriteria yang digunakan sebagai dasar pengevaluasian alternatif-alternatif hasil penjadualan.

Sedangkan untuk melakukan sequencing (pengurutan), maka yang biasa digunakan dalam penjadualan adalah sebagai berikut:

1. First come first served (FCFS)
2. Random, pemilihan dilakukan secara acak
3. Berdasarkan due datenya
4. Shortes processing time (SPT), berdasarkan waktu proses yang paling singkat.

Untuk melakukan proses penjadualan flow shop, terminologi yang kita gunakan antara lain:

t_{ij} : waktu proses job i pada mesin ke- j

- t_{ij} : waktu proses job yang ditemukan pada urutan ke- i dalam jadual, pada mesin ke- j
- n : jumlah job yang akan dikerjakan
- m : jumlah mesin yang digunakan
- σ : set job yang telah terjadwalkan diluar total n job
- n' : jumlah job dalam σ
- π : set job-job yang belum terjadwalkan
- $q(\sigma, j)$: waktu penyelesaian jadual parsial σ pada mesin ke- j
- a, b : job-job pada set π
- $q(\sigma a, j)$: waktu penyelesaian job a pada mesin j , jika job a dimasukkan dalam σ
- I_σ : Total idle time pada semua mesin, setelah menjadwalkan job-job pada σ
- F_σ : Total flow time dari job-job dalam σ

Sedangkan makespan dalam jadual parsial σa dihitung disimbulkan dengan:

$$M = q(\sigma a, m)$$

Total flow time job-job dalam σa dihitung dengan:

$$F_{\sigma a} = F_\sigma + q(\sigma a, m),$$

Total idle time mesin yang terjadi pada jadual parsial σa , dihitung dengan

$$I_{\sigma a} = I_\sigma + \sum_{j=2}^m [\text{Mak}(q(\sigma a, j-1) - q(\sigma, j)); 0]$$

2.2.1 Penjadualan Flow Shop.

Suatu rantai produksi dikatakan mengikuti pola aliran tertentu disebut flow shop, jika memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Semua pekerjaan hanya diproses satu kali pada setiap mesin.
2. Proses pengerjaan pada mesin A harus mendahului proses pengerjaan pada mesin B dan proses pengerjaan pada mesin B harus mendahului proses pengerjaan pada mesin C.

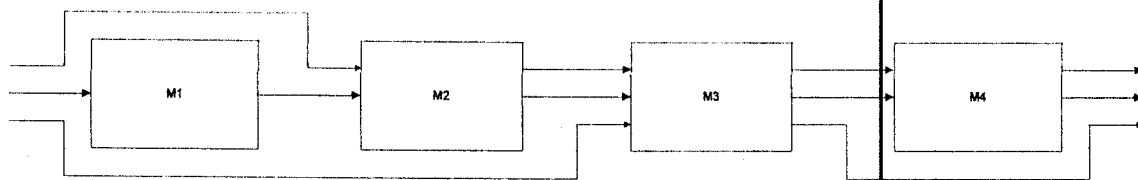
Karakteristik flow shop terlihat dari aliran yang satu arah. Dengan demikian mesin-mesin dapat diberi nomor sedemikian rupa sehingga operasi ke-j dari suatu pekerjaan mendahului operasi ke-k. Jadi mesin yang digunakan untuk operasi ke-j bernomor lebih kecil dari pada mesin yang digunakan untuk operasi ke-k. Beberapa asumsi penting dalam penerapan penjadualan untuk menyelesaikan masalah flow shop adalah:

- 1) Berknaan dengan mesin:
 - Satu mesin hanya dapat mengerjakan satu pekerjaan dalam suatu selang waktu dan masing-masing pekerjaan sekali dikerjakan harus dilanjutkan sampai selesai.
 - Waktu pengerjaan terbatas dan interval waktu proses independen terhadap urutan pengerjaan
- 2) Berkaitan dengan pekerjaan:
 - Semua pekerjaan mempunyai prioritas yang sama dan tidak tergantung pada batas penyerahannya.

- Pekerjaan diproses dengan urutan yang sama
- Semua pekerjaan telah siap diproses pada awal periode penjadualan

3) Lain-lain:

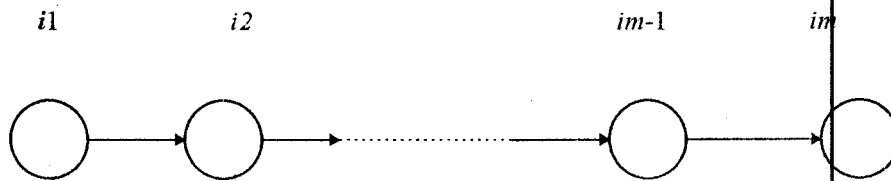
- Waktu transport antar mesin diabaikan atau dimasukkan dalam waktu proses pada mesin sebelumnya atau sesudahnya
- Work in process inventory diperbolehkan
- Waktu set up independen terhadap urutan pengerjaan pekerjaan.



Gambar 2.2: Pola aliran flow shop ^{1*)}.

Untuk melakukan penjadualan flow shop dan untuk menjelaskannya dalam bentuk yang lebih umum, maka job dianggap sebagai kumpulan dari operasi dimana ada struktur pendahulu. Biasanya masing-masing operasi setelah operasi pertama tepat mempunyai satu operasi pendahulu dan tiap operasi sebelum operasi terakhir tepat mempunyai satu operasi pengikut, seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut:

^{1*)} Andrew Kuziak, "Intelligent Manufacturing Systems"



Gambar 2.3 Struktur pendahulu linier

Jadi tiap job memerlukan urutan khusus yang harus dilalui untuk menyelesaikan operasinya. Hubungan atau urutan ini sering disebut struktur pendahulu linier (Linear Precedence Structure). Shop berisi m mesin yang berbeda, dan masing-masing job mempunyai n operasi, yang masing-masing memerlukan operasi pada mesin yang berbeda.

Penjadualan untuk flow shop satu mesin menjadi tidak menguntungkan jika kita menyisipkan idle time. Karena untuk model satu mesin kita menganggap bahwa job datang secara berkesinambungan. Tetapi tidak demikian dengan penjadualan yang melibatkan multi mesin. Untuk kasus multi mesin mungkin kita harus menyisipkan idle time pada mesin untuk mencapai jadwal yang optimum.

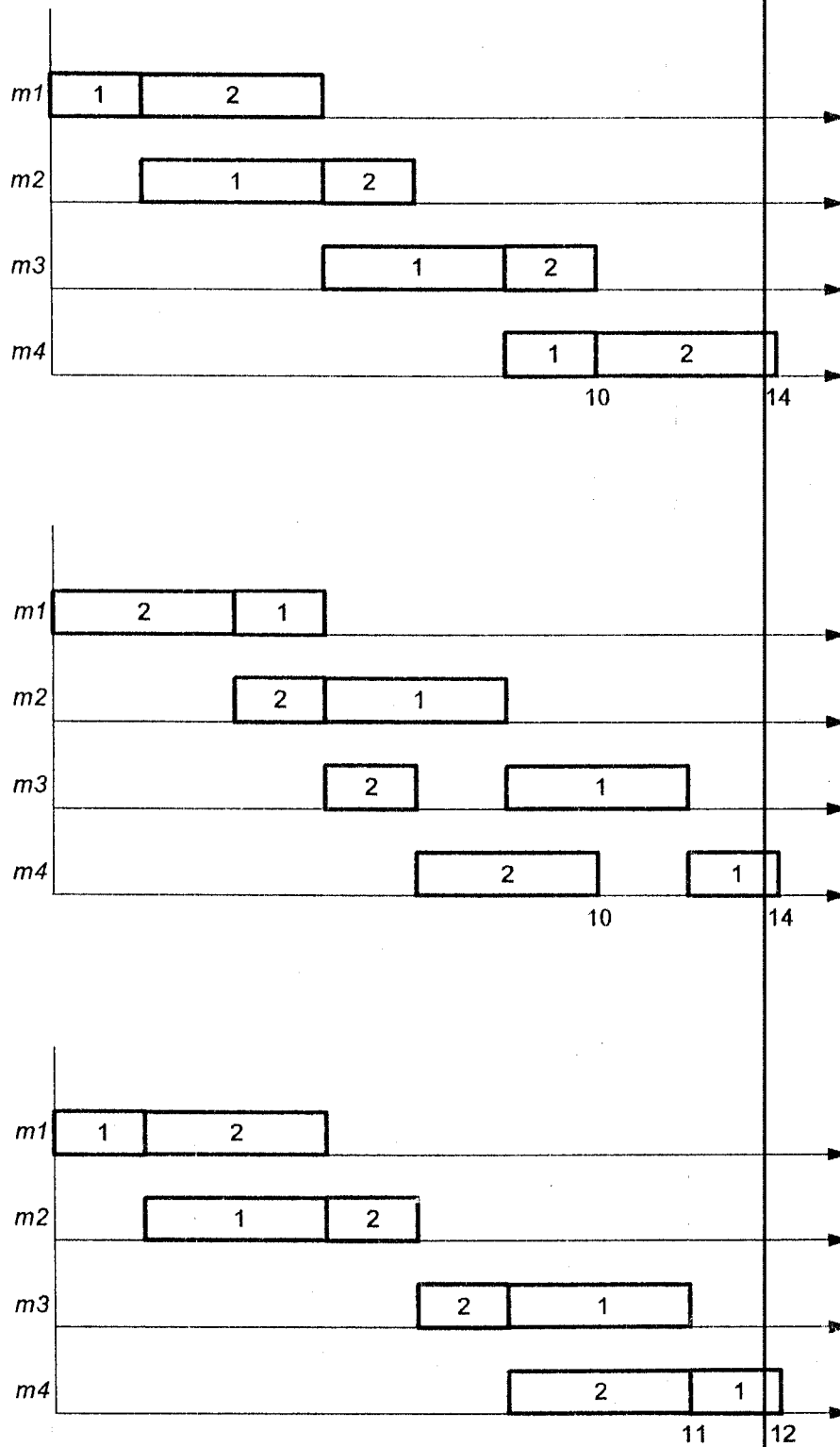
Sebagai contoh di sini kita ambil kasus penjadualan 2 job 4 mesin dengan waktu proses pada masing-masing mesin seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 Contoh penyisipan idle time.

Nomor Mesin	Waktu Operasi Job 1	Waktu Operasi Job 2
1	1	4
2	4	1
3	4	1
4	1	4

Misalkan kita ingin menjadwalkan job-job tersebut dengan flow time sebagai tujuannya. Dua jadual yang ditunjukkan pada gambar 2.3(a) dan gambar 2.3(b) tidak mempunyai idle time dan keduanya mempunyai $F = 12$. Jadual pada gambar 2.3(c) adalah jadual optimal dengan $F = 11,5$. Gambar tersebut adalah jadual yang menyisipkan idle time pada mesin-mesin tertentu. Yaitu mesin 3 dibiarkan idle pada $t = 5$ (ketika operasi (1,3) dapat dimulai) dengan tujuan untuk menunggu penyelesaian operasi (2,2).

Untuk penjadualan satu mesin ada hubungan satu-satu antara urutan job-job yang ada dan permutasi antara job 1,2,3..n. Untuk menemukan urutan yang optimum, perlu kiranya menganalisa setidaknya secara implisit semua kemungkinan urutan dari $n!$ kemungkinan yang ada. Untuk masalah flow shop ada $n!$ kemungkinan untuk tiap-tiap mesin. Sehingga untuk m mesin ada $(n!)^m$ kemungkinan jadual yang harus dianalisa. Dari sini bisa disimpulkan bahwa akan sangat bermanfaat jika kita bisa membuang beberapa jadual yang jelas tidak menguntungkan.



Gambar 2.3 Jadual permutasi dan jadual optimal

2.2.2 Jadual Permutasi

Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa mungkin tidak menguntungkan jika kita hanya menganalisa jadual dimana job-job yang ada harus dikerjakan dengan urutan yang sama pada semua mesin. Di lain pihak kita berusaha semaksimal mungkin untuk mengurangi kemungkinan jadual yang akan terbentuk untuk mencari jadual optimum. Berikut adalah sifat-sifat yang menunjukkan berapa banyak pengurangan kemungkinan yang bisa kita kurangi.

Sifat 1

Dengan mengacu pada ukuran performansi reguler, perlu kiranya untuk hanya menganalisa jadual dimana urutan job yang sama hanya terjadi pada mesin 1 dan 2.

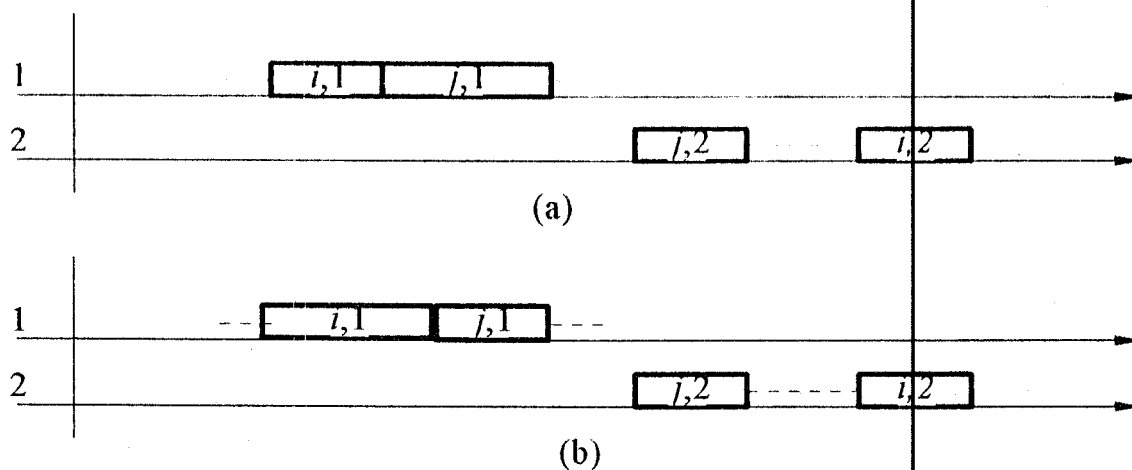
Sifat ini ada karena mempertimbangkan jadual dimana urutan job pada mesin satu dan mesin dua berbeda. Pada suatu jadual mungkin kita temukan pasangan job I dan J , sedemikian hingga operasi $(i,1)$ mendahului operasi $(j,1)$ tapi operasi $(j,2)$ mendahului operasi $(i,2)$. Situasi ini digambarkan pada gambar 2.2.1.

Pertukaran tersebut bisa juga kita lakukan pada mesin satu, tanpa mempengaruhi performansi jadual yang telah kita temukan sebelum pertukaran kita lakukan. Jika operasi $(i,1)$ dan $(j,1)$ ditukar urutannya, akan menghasilkan jadual seperti pada gambar 2.2.1.2(b), sehingga:

- a) Kecuali $(i,1)$, tidak ada operasi yang tertunda akibat pertukaran.
- b) Operasi $(i,2)$ tidak tertunda akibat pertukaran, demikian juga operasi-operasi yang lainnya.

- c) Proses pendahulu dari $(j,2)$ dan operasi yang lain mungkin merupakan hasil pertukaran.

Karena itu pertukaran tidak akan meningkatkan waktu penyelesaian dari operasi-operasi pada mesin ke dua atau mesin berikutnya. Hal ini berarti tidak ada peningkatan waktu penyelesaian job akibat pertukaran, sehingga tidak ada perbaikan performansi dari jadual yang dibentuk.



Gambar 2.4 Pertukaran berpasangan dua operasi pada mesin 1

Sifat 2

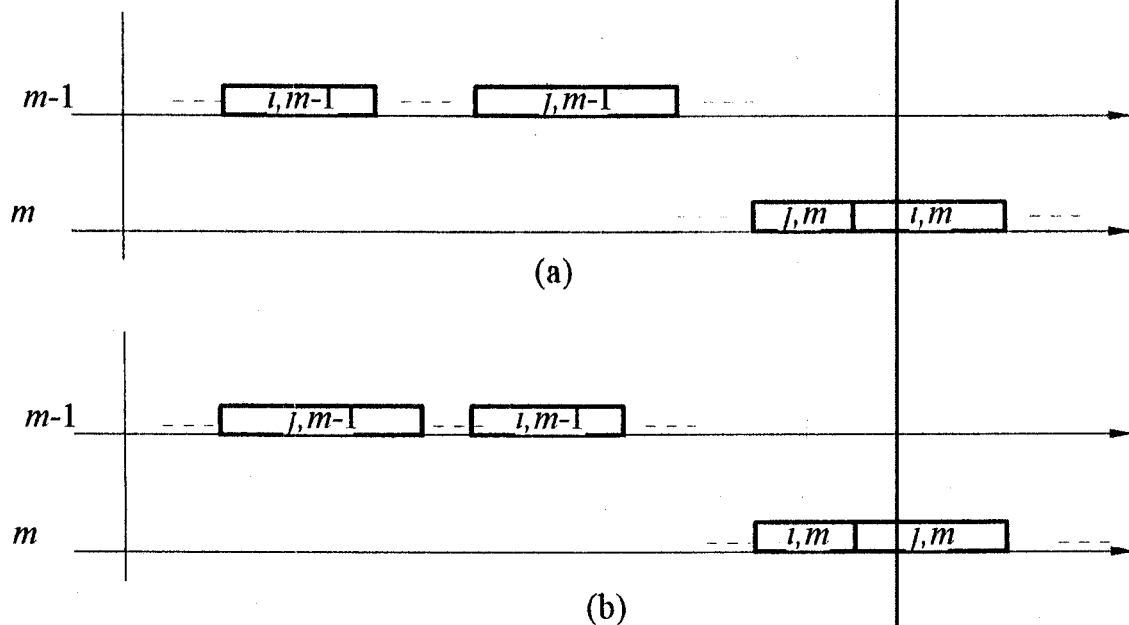
Dengan tujuan makespan sebagai performansinya, kita hanya perlu mempertimbangkan jadual dimana urutan job yang sama terjadi pada mesin $m-1$ dan mesin m .

Sifat ini didasari oleh sifat 1. Jika urutan pengerjaan pada job $m-1$ dan m berbeda, yaitu pada mesin m job (i,m) mengikuti job (j,m) , tapi operasi $(i,m-1)$

mendahului $(j,m-1)$, seperti pada gambar 2.4(a). Akibat pertukaran tersebut, yaitu pada gambar 2.4(b), berakibat bahwa:

- Kecuali pada operasi (j,m) , tidak ada operasi tertunda akibat pertukaran.
- Operasi (j,m) diselesaikan tidak setelah operasi (i,m) pada jadual awalnya.
- Pemrosesan yang lebih awal operasi (i,m) dan (j,m) mungkin akibat pertukaran.

Karena itu pertukaran tidak akan meningkatkan makespan dari jadual. Jadi dapat disimpulkan bahwa alasan inilah yang berlaku untuk jadual dimana urutan pengerjaan berbeda untuk mesin m dan $m-1$.



Gambar 2.4 Pertukaran berpasangan pada mesin ke m

Implikasi dari kedua hasil tersebut adalah bahwa untuk mencari jadual optimal, perlu untuk mempertimbangkan urutan yang berbeda pada mesin yang berbeda dengan dua pengecualian sebagai berikut:

1. Untuk penjadualan dengan tujuan performansi reguler, adalah perlu untuk mempertimbangkan urutan yang sama saja pada mesin satu dan mesin dua., sehingga hanya ada $(n!)^{m-1}$ jadual yang menjadi set dominan.
2. Untuk tujuan minimasi makespan, perlu juga untuk mempertimbangkan urutan pengerjaan yang sama pada mesin $m-1$ dan m , sehingga hanya $(n!)^{m-2}$ jadual yang akan menjadi set dominan untuk $m > 2$.

Jadual permutasi adalah jadual sederhana dengan urutan pengerjaan yang sama untuk semua mesin yang ada atau jadual yang dikhususkan pada permutasi tunggal yang diindekskan dengan $1,2,3\dots n$.

Dalam pembahasan-pembahasan berikutnya, semua penjadualan yang akan dibuat di sini hanyalah jadual permutasi saja.

2.2.3 Johnson's Problem

Masalah penjadualan flow shop dengan dua mesin dengan tujuan minimasi makespan dikenal dengan *Johnson's problem*. Dalam formulasinya, job j diberikan waktu operasi t_{j1} , memerlukan operasi pada mesin 1, dan t_{j2} , memerlukan operasi pada mesin 2 setelah operasi pada mesin 1 selesai. Urutan optimal dapat dikarakterkan dengan aturan dibawah ini untuk job-job yang berpasangan.

Teori 1

Job i mendahului job j pada jadual optimal jika

$$\text{Min}\{t_{i1}, t_{j2}\} \leq \text{min}\{t_{i2}, t_{j1}\}$$

Pada kenyataannya, urutan optimal secara langsung disusun dari penyesuaian terhadap hasil dari jadual yang terbentuk. Posisinya dalam jadual dibuat dengan mekanisme *one pass* yang mengidentifikasi tiap stage, apakah sebuah job seharusnya dimasukkan pada posisi yang pertama atau yang terakhir. Implementasi dari aturan Johnson adalah pada algoritma Johnson.

Algoritma johnson

Langkah 1 Temukan minimum I $\{t_{i1}, t_{i2}\}$.

Langkah 2a Jika minimum waktu proses memerlukan mesin 1, tempatkan job yang bersangkutan pada posisi pertama yang tersedia dalam urutan.

Lanjutkan langkah 3

Langkah 2b Jika waktu proses memerlukan mesin 2, tempatkan job yang bersangkutan pada posisi terakhir yang tersedia. Lanjutkan ke langkah 3.

Langkah 3 Pindahkan job dari kumpulan job yang belum terjadual dan kembali ke langkah 1.

2.2.3.1 Perluasan aturan Johnson

Untuk masalah dengan kriteria makespan dan $m = 3$ aturan Johnson di atas masih layak untuk hanya mempertimbangkan jadual permutasi saja untuk mencapai

jadual yang optimum, belum sulit untuk menggeneralisasikan aturan Johnson menjadi aturan *dominasi*, yaitu dengan aturan:

1. Jika $\min_k \{t_{k1}\} \geq \max_k \{t_{k2}\}$, maka job i mendahului job j dalam jadual yang optimal jika:

$$\min \{t_{i1} + t_{i2}, t_{j2} + t_{j3}\} \leq \min \{t_{i2} + t_{i3}, t_{j1} + t_{j2}\}$$

2. Jika $\min_k \{t_{k3}\} \geq \max_k \{t_{k2}\}$, maka job i mendahului job j dalam jadual optimal jika:

$$\min \{t_{i1} + t_{i2}, t_{j2} + t_{j3}\} \leq \min \{t_{i2} + t_{i3}, t_{j1} + t_{j2}\}$$

2.2.4 Pendekatan Heuristic

Pendekatan heuristik yang masih dianggap paling baik selama ini adalah pendekatan yang dilakukan oleh Campbell, Dudek dan Smith (CDS). Pendekatan ini mendasarkan pada dua teori yang telah ada, yaitu:

- Menggunakan aturan Johnson dalam model heuristik
- Membentuk beberapa jadual yang nantinya akan dipilih yang terbaik.

Algoritma CDS berhubungan dengan penggunaan algoritma Johnson untuk multi stage dengan processing times t'_{j1} dan t'_{j2} pada stage 1,

$$t'_{j1} = t_{j1} \text{ dan } t'_{j2} = t_{jm}$$

Dengan kata lain bahwa aturan Johnson diaplikasikan pada mesin pertama dan operasi ke m dan pengikutnya diabaikan. Pada stage 2,

$$t'_{j1} = t_{j1} + t_{j2} \text{ dan } t'_{j2} = t_{jm} + t_{j,m-1}$$

Aturan Johnson digunakan untuk menjumlahkan dua waktu operasi pada mesin pertama dan dua waktu operasi pada mesin terakhir. Secara umum untuk stage ke i ,

$$t'_{j1} = \sum_{k=1}^i t_{jk} \text{ dan } t'_{j2} = \sum_{k=1}^i t_{j,m-k+1}$$

Untuk masing-masing stage i ($i = 1, 2, 3, \dots, m-1$), job yang ada digunakan untuk menghitung makespan untuk masalah aslinya. Setelah stage $m - 2$, makespan terbaik dari $m - 1$ jadual yang diidentifikasi. (sebagian dari urutan/sequence $m - 1$ mungkin sama). Untuk menyesuaikan dengan sisa stage, satu pendekatan yang harus ada untuk mengevaluasi makespan dari semua alternatif pada stage yang ada. Dalam makalah aslinya CDS mengajukan aturan tie breaking antara job yang berpasangan, dengan menggunakan susunan job pada stage sebelumnya atau mengacu pada stage berikutnya, jika perlu.

2.2.5 Metode Heuristic Untuk Menjadwalkan Flowshop Dengan Multi Tujuan.

Selama ini telah banyak dikembangkan metode penjadualan heuristik. Tetapi hampir semua metode yang ada hanyalah dengan mempertimbangkan satu kriteria performance, seperti makespan misalnya. Selain makespan, kriteria performance yang lain yang ingin dicapai dalam penjadualan adalah total flow time atau total waktu penyelesaian job. Jika minimasi makespan membawa akibat turunnya *production run*, maka minimasi totala flow time akan membawa akibat

kestabilan produksi atau bahkan meningkatkan utilisasi sumber daya, cepatnya pergantian job dan juga akan meminimumkan *work in proses inventory*

Untuk melakukan penjadualan dengan multi tujuan menggunakan metode heuristik ada tiga tahap penyelesaian, yaitu: dengan algoritma Johnson, Metode Cambel, Dudek, Smith dan kemudian baru kita terapkan metode heuristik.

2.2.5.1 Algoritma Johnson.

Yaitu dengan menciptakan $(m - 1)$ jadual yang mungkin dan memilih yang terbaik.

- Untuk jadual pertama:

$$t_{i,1} = t_{i,1}$$

$$t^*_{i,2} = t_{i,2}$$

Ini adalah processing time pada mesin pertama dan mesin terakhir

- Untuk jadual kedua:

$$t^*_{i,1} = t_{i,2} + t_{i,2}$$

$$t^*_{i,2} = t_{i,2} + t_{i,m-1}$$

Ini adalah processing time pada dua mesin pertama dan dua mesin terakhir

- Untuk jadual ke-k:

$$t^*_{i,1} = \sum_{k=1}^k t_{i,k}$$

$$t^*_{i,2} = \sum_{k=1}^k t_{i,m-k+1}$$

Pendekatan ini belum menjamin akan terbentuknya jadual dengan makespan minimum. Sangat tergantung pada processing time dari job-job yang akan dijadualkan.

2.2.5.2 Metode Cammbel, Dudek, Smith.

Metode ini digunakan sebagai pendekatan untuk mendapatkan jadual dengan makespan minimum. Dan hasilnya akan digunakan sebagai jadual awal pada penerapan metode heuristik dengan multi tujuan:

Step 1: Pada saat $K = 1$, hitung $t_{i,1}^*$ dan $t_{i,2}^*$.

Step 2: Jadwalkan job-job sebanyak m dengan menggunakan urutan johnson,

dimana $t_{i,1}$ dan $t_{i,2}$ adalah $t_{i,1}^*$ dan $t_{i,2}^*$ dari step 1. Simpan jadual ini dan hitung makespannya. Jika makespan yang dihitung adalah yang terkecil, maka simpan urutan dan nilai makespannya.

Step 3: Jika $K = (m - 1)$, stop. Jadwal paling akhir adalah jadual yang diterapkan.

Jika $K \neq (m - 1)$, tambahkan K dengan 1 dan kembali ke step 1.

Makespan dapat dihitung, dimana nilainya sama dengan waktu dimana job telah selesai diproses pada mesin terakhir. Completion time dari job terakhir sama dengan jumlah processing time semua job pada mesin terakhir ditambah dengan jumlah waktu idle pada semua periode.

Sehingga waktu idle pada mesin 2 adalah sama dengan:

$$I_{[i],2} = \max \left\{ 0, \left[\sum_{k=1}^{i-1} t_{[k],1} - \sum_{k=1}^{i-1} t_{[k],j-1} - \sum_{k=1}^{i-1} I_{[k],2} \right] \right\}$$

Secara umum untuk mesin ke- j dalam sistem m mesin n job adalah sebagai berikut:

$$t'_{[i]j-1} = t_{[i],j-1} - I_{[i],j-1}$$

$$I_{[i]j} = \max \left\{ 0, \left[\sum_{k=1}^i t_{[k],j-1} - \sum_{k=1}^{i-1} t_{[k],j} - \sum_{k=1}^{i-1} I_{[k],j} \right] \right\}$$

Sedangkan makespan dapat dihitung dengan:

$$F_{[n]j} = \sum_{i=1}^n t_{[i],j} + \sum_{i=1}^n I_{[i],j}$$

2.2.5.3 Algoritma Heuristik untuk meminimasi flow time, makespan dan idle time.

Step 1: Selesaikan dengan metode CDS, yang meminimumkan makespan dan dapatkan satu jadual.

Dapatkan satu jadual dengan merubah urutan job, yaitu gantikan job yang berada pada urutan ke- r dengan urutan $r + 1$. Pilih jadual yang menghasilkan makespan minimum. Lanjutkan proses tersebut dengan job yang berpasangan, dimana $\forall r, i \leq r \leq n-1$, dan pilih jadual yang menghasilkan makespan yang lebih kecil.

Jadual ini menjadi daftar jadual 'S' dengan makespan dan total flow time 'F'.

Step 2: Hitung nilai-nilai berikut untuk job yang berada pada posisi ke r dalam jadual S, dimana $1 \leq r \leq n-1$.

$$D_{[r]} = \sum_{j=1}^m t_{[r], j} - \sum_{j=1}^m t_{[r+1], j}$$

$$D_{[r]} = \sum_{j=1}^m \{(m - j + 1)t_{[r], j}\} - \sum_{j=1}^m \{(m - j + 1)t_{[r+1], j}\}$$

Step 3: Buat daftar job yang nilai $D_{[r]} \geq 0$.

Step 4: Jika jadual (list) kosong, lanjutkan ke step 10, selain itu lanjutkan ke step 5

Step 5: List job disusun dengan urutan menurun menurut nilai $D_{[r]}$. Yang tertinggi disusun terlebih dahulu. Jika terjadi kesamaan nilai $D_{[r]}$, maka ranking disusun dengan mempertimbangkan nilai $D'_{[r]}$ yang tinggi.

Step 6: Sebut job yang berada pada urutan pertama sebagai job q . Saling tukarkan posisi job yang berada pada urutan q dengan job yang berada pada posisi $q+1$ dalam jadual S . Sebut jadual yang dihasilkan sebagai S' . Hitung makespan (M'), Total flow time (F') dan total idle time mesin (I'). Dari sini dapat dilihat bahwa semakin besar nilai $D_{[r]}$, akan makin besar kesempatan mengurangi flow time ketika job yang bersangkutan digantikan oleh job yang sesuai.

Step 7: Hitung penambahan relatif makespan, flow time dan idle mesin dari S' dengan S .

$$R_{S'} = \frac{M' - \min(M', M)}{\min(M', M)} + \frac{F' - \min(F', F)}{\min(F', F)} + \frac{I' - \min(I', I)}{\min(I', I)}$$

Dan

$$R_S = \frac{M - \min(M', M)}{\min(M', M)} + \frac{F - \min(F', F)}{\min(F', F)} + \frac{I - \min(I', I)}{\min(I', I)}$$

Step 8: Jika $R_{s'} < R_s$, kemudian generate S' menjadi daftar baru sebagai S . {dimana semua parameter $S = S'$; $M = M'$; $F = F'$; $I = I'$ } dan kembali ke step 2.

Selain itu ke step 10.

Step 9: Hilangkan job q dari kumpulan job yang belum terjadualkan. Jika urutan yang terbentuk belum urutan yang terakhir kembali ke step 6, dan jika urutan yang terbentuk merupakan urutan terakhir lanjutkan ke step 10.

Step 10: Daftar tersebut dengan makespan, total flow time dan total idle mesin mesinnya menjadi solusi. STOP.

Metode di atas pada prinsipnya adalah menghitung perubahan relatif dari makespan, flow time dan idle time pada setiap perubahan urutan pengerjaan. Yaitu dengan membandingkan apakah perubahan atau perbaikan pada makespan sebanding dengan perubahan pada flow time dan total idle time mesin atau sebaliknya. Jika perubahan atau perbaikan pada makespan lebih besar dari perubahan pada flow time dan total idle time, maka jadual baru dianggap lebih baik dari jadual sebelumnya. Hal ini dilakukan karena seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa tidak mungkin kita melakukan penjadualan dengan beberapa kriteria secara serentak dimana jadual yang dihasilkan memenuhi semua kriteria performansi dengan optimum.

2.2.6 Ilustrasi Numerik

Untuk memudahkan pemahaman terhadap penggunaan algoritma metode Heuristik dengan multi tujuan untuk menjadwalkan flow shop, berikut adalah contoh pengerjaannya.

Misalkan untuk menjadwalkan flow shop dengan tiga mesin dan lima job, dengan waktu proses pada setiap mesin adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Data untuk ilustrasi numerik

Mesin	JOB				
	1	2	3	4	5
1	5	2	7	3	4
2	10	3	9	2	3
3	9	7	3	18	9

Tahap awal dari metode heuristik multi tujuan adalah menyelesaikan permasalahan yang ada dengan algoritma johnson. Dengan algoritma johnson maka dapat digenerate 2 jadwal (m-1 jadwal). Jadwal yang bisa digenerate adalah:

Tabel 2.4 Alternatif jadwal dengan Algoritma Johnson

MESIN	JOB				
	1	2	3	4	5
1 Mesin pertama:	5 ⁽⁴⁾	2 ⁽¹⁾	7	3 ⁽²⁾	4 ⁽³⁾
1 Mesin terakhir:	9	7	3 ⁽⁵⁾	18	9
2 Mesin pertama:	15 ⁽⁴⁾	5 ⁽¹⁾	16	5 ⁽²⁾	7 ⁽³⁾
2 Mesin terakhir:	19	10	12 ⁽⁵⁾	20	12

Dengan mempertimbangkan satu mesin pertama dan satu mesin terakhir, didapat jadwal: 2-4-5-1-3 sebagai jadwal pertama dengan makespan: 51. Sedangkan

Karena makespan jadual pertama sama jadual kedua maka hasil akhir dari algoritma Johnson adalah jadual pertama 2-4-5-1-3 dengan makespan 51.

Dengan menerapkan metode Cammbel, Dudek dan Smith maka kita munculkan jadual baru dengan saling menukarkan jadual yang berada pada urutan ke r dengan urutan ke $r+1$ pada jadual alternatif ke- r .

Jika permasalahan tersebut diselesaikan dengan algoritma Johnson, kemudian dilanjutkan dengan metode CDS, maka akan kita dapatkan hasil: Jadual 2-4-5-1-3 dengan makespan 51 dan total flowtime 180.

Selanjutnya dilakukan penjadualan dengan metode heuristik multi tujuan.

Step 1 : Kita munculkan jadual dengan saling menukarkan job pada urutan ke- r

dengan jadual pada urutan ke- $r+1$. sehingga menghasilkan jadual:

- | | |
|----------|----------|
| 1) 42513 | 3) 24153 |
| 2) 25413 | 4) 24531 |

Dari jadual yang telah dimunculkan dihitung makespan masing-masing.

Tabel 2.5 Alternatif jadual dengan metode CDS

Alternatif	Makespan	Total Flowtime
Awal-24513	51	180
42513	51	191
25413	51	180
24531	51	174

Jika dilihat dari besarnya makespan, maka jadual awal merupakan jadual yang terbaik. Sehingga jadual awal yang digunakan untuk step berikutnya.

Step 2 : Dengan jadual awal dihitung besarnya $D'_{[r]}$ dan $D_{[r]}$.

$$D_{[1]} = \sum_{j=1}^3 t_{2j} - \sum_{j=1}^3 t_{4j} = 12 - 23 = -11 \quad \text{Untuk job 2}$$

$$D_{[2]} = \sum_{j=1}^3 t_{4j} - \sum_{j=1}^3 t_{5j} = 23 - 16 = 7 \quad \text{Untuk job 4}$$

$$D_{[3]} = \sum_{j=1}^3 t_{5j} - \sum_{j=1}^3 t_{1j} = 16 - 24 = -8 \quad \text{Untuk job 5}$$

$$D_{[4]} = \sum_{j=1}^3 t_{1j} - \sum_{j=1}^3 t_{3j} = 24 - 19 = 5 \quad \text{Untuk job 1}$$

Step 3 : Daftar job yang nilai $D_{[r]} \geq 0$ berisi job 4 dan job 1.

Step 4 : List = {4,1}

Step 5 : Nilai $D_{[4]} : \text{job 1} < D_{[2]} : \text{job 4}$. Peringkat job adalah {4,1}.

Step 6 : Job pada urutan ke-2 kita saling tukarkan dengan job urutan ke-3.

Sehingga kita dapatkan jadual baru 25413. Jadwal tersebut dianggap sebagai S' . Hitung besarnya $M' = 51$, $F' = 171$ dan $I' = 11$

Step 7 : Menghitung peningkatan relatif dari makespan, flowtime dan idletime jadual baru.

$$R_s' = \frac{51 - \min(51,51)}{\min(51,51)} + \frac{171 - \min(171,180)}{\min(171,180)} + \frac{11 - \min(11,11)}{\min(11,11)} = 0$$

$$R_s = \frac{51 - \min(51,51)}{\min(51,51)} + \frac{180 - \min(171,180)}{\min(171,180)} + \frac{11 - \min(11,11)}{\min(11,11)} = 0,052631$$

Step 8 : Karena $R_s' < R_s$, maka S' digunakan sebagai jadual terbaru.

Kembali ke *step 2*.

Step 2 : Dengan urutan 25413. dihitung hitung lagi $D_{[r]}$.

Kembali ke *step 2*.

Step 2 : Dengan urutan 25413. dihitung hitung lagi $D_{[r]}$.

$$D_{[11]} = \sum_{j=1}^3 t_{2j} - \sum_{j=1}^3 t_{5j} = -4 \quad \text{Untuk job 2}$$

$$D_{[21]} = \sum_{j=1}^3 t_{5j} - \sum_{j=2}^3 t_{4j} = -7 \quad \text{Untuk job 5}$$

$$D_{[31]} = \sum_{j=1}^3 t_{4j} - \sum_{j=1}^3 t_{1j} = -1 \quad \text{Untuk job 4}$$

$$D_{[41]} = \sum_{j=1}^3 t_{1j} - \sum_{j=1}^3 t_{3j} = 5 \quad \text{Untuk job 1}$$

Step 3 : Hanya job 1 yang ada dalam daftar job.

Step 4 : Peringkat {1} atau $D_{[4]}$.

Step 5 : Kandidat ditukar adalah job 1(urutan 4) dengan job 3(urutan 5).

Step 6 : Menukar job pada urutan ke-4 (job 1) dengan job yang berada pada urutan ke-5(job 3). Jadual alternatif baru = 25431. Kriteria performansi yang dihasilkan: $M' = 51$, $F' = 165$ dan $I' = 13$.

$$\text{Step 7 : } RS' = \frac{51 - \min(51,51)}{\min(51,51)} + \frac{165 - \min(165,171)}{\min(165,171)} + \frac{13 - \min(13,11)}{\min(13,11)} = 0.1818$$

$$RS = \frac{51 - \min(51,51)}{\min(51,51)} + \frac{171 - \min(165,171)}{\min(165,171)} + \frac{11 - \min(13,11)}{\min(13,11)} = 0.036$$

Step 8 : Karena $RS < RS'$ maka 25431 tidak dijadikan jadual baru. Jadual 25413 tetap dipakai sebagai jadual terbaik.

Step 3 : Dari nilai $D[r]$ tidak didapat nilai $D[r]$ lain yang ≥ 0 , lanjutkan ke *step 9*.

STOP.

Step 9 : Karena tak ada nilai $D[r]$ yang lebih dari atau sama dengan nol, maka jadual terakhir, yaitu jadual 2 - 5 - 4 - 1 - 3 sebagai solusi dari metode heuristik multi tujuan dengan performansi yang dicapai:

- Makespan = 51
- Total Flow time = 171
- Idle Time = 11

2.3. Analisa Hasil Penjadualan

2.3.1 Analisa penerapan penjadualan

Analisa terhadap hasil penjadualan di perusahaan dilakukan dengan melihat urutan pengerjaan job-job yang ada. Perbandingan dilakukan antara hasil penjadualan yang menggunakan metode heuristik multi tujuan dengan beberapa metode penjadualan flow shop yang ada pada paket program Quantitative System. Hal ini dilakukan dengan menghitung perbedaan kemampuan masing-masing metode penjadualan dalam mencapai tujuan performansi. Performansi di sini hanyalah performansi utama dan mengabaikan performansi lain yang dicapai oleh paket QS.

2.3.2 Analisa simulasi metode penjadualan untuk validasi metode

Untuk melihat adanya perbaikan atau tidak pada hasil penjadualan yang telah dilakukan maka hasil penjadualan yang didapat dari penjadualan dengan multi tujuan dibandingkan dengan hasil penjadualan jika hanya satu kriteria performance yang dioptimumkan. Hal ini nantinya akan dihitung sebagai rata-rata persentase

error. Dalam hal ini untuk kriteria makespan dipakai metode *Heuristik Campbell, Dudek dan Smith*, untuk kriteria flow time digunakan metode *Heuristik Gupta*, sedangkan untuk total idle time kita gunakan metode *heuristik umum*.

Untuk menghitung besarnya penyimpangan rata-rata digunakan persamaan:

$$PR_j = \left| \frac{M_j - T_j}{T_j} \times 100 \% \right|$$

Besarnya persen error rata-rata (\overline{PR}) sebagai:

$$\overline{PR} = \frac{\sum_{j=1}^k PR_j}{k}$$

dimana

M_j = Kriteria yang dicapai dengan metode heuristik multi tujuan
run ke-j

PR_j = Penyimpangan kriteria yang dicapai oleh proses penjadualan
run ke-j dengan menggunakan metode heuristik multi tujuan

T_j = Kriteria yang dicapai dengan metode penjadualan yang
menggunakan satu tujuan pada run ke-j

k = Berapa kali penjadualan dengan jumlah job serta mesin yang
sama dilakukan (waktu proses tiap job pada tiap mesin
berbeda-beda antara run yang satu dengan run yang lain).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian tugas akhir masalah penjadualan flow shop dengan metode heuristik multi tujuan. Tahapan-tahapan yang akan dilakukan meliputi: tahap persiapan/pendahuluan, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap penjadualan dan tahap analisa. Tahap pendahuluan mencakup penentuan tujuan penelitian, studi literatur, dan identifikasi masalah.

Secara sistematis metodologi penelitian yang dipakai dalam penelitian ini digambarkan pada gambar.3.1. Penjelasan masing-masing tahapnya adalah sebagai berikut:

1. Penetapan tujuan Penelitian.

Pada tahap ini akan diidentifikasi tujuan dari permasalahan yang akan diambil sehingga peneliti mendapatkan gambaran yang jelas apa yang akan dilakukan, apa yang diperlukan dan apa yang akan didapat dari tahap analisa.

2. Studi Pustaka

Yaitu tahap pengumpulan semua literatur yang berhubungan dengan penjadualan produksi, pengukuran kerja, cara pengolahan data, analisa sistem produksi, dan literatur pendukung untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

3. Identifikasi masalah

Mengidentifikasi masalah-masalah yang mungkin timbul pada saat melakukan pengumpulan data, pengolahan data, penjadualan produksi, dan analisisnya, kemudian diselaraskan dengan tujuan yang hendak dicapai.

4. Pengumpulan data.

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan berupa:

Data yang berhubungan dengan proses produksi yang akan dianalisa. Yang meliputi data-data hasil pengukuran waktu operasi, jumlah mesin, jumlah mesin, jumlah tenaga kerja langsung, jumlah order dan lain-lain.

5. Pengolahan data.

Dalam tahap ini akan dilakukan pengolahan data mentah menjadi data yang siap digunakan untuk melakukan penjadualan produksi dan menganalisisnya. Pengolahan data yang akan dilakukan meliputi penghitungan waktu standar masing-masing job/operasi pada masing-masing mesin. Perhitungan waktu standar dengan melihat mempertimbangkan jumlah orang/mesin yang digunakan pada setiap tahap pengerjaan job. Selain itu juga menetapkan ukuran lot untuk sekali produksi. Hal ini berhubungan dengan berapa banyak produk yang harus dihasilkan untuk menentukan definisi waktu operasi satu job pada suatu mesin.

6. Analisa data.

Data yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya akan di seleksi mana yang bisa digunakan untuk melakukan penjadualan dan analisa, serta data yang digunakan sebagai batasan masalah.

7. Proses penjadualan.

Dari tahap ini kita akan melakukan penjadualan produksi dengan satu metode penjadualan yang menggunakan satu kriteria performansi juga dengan menggunakan metode heuristik multi tujuan. Penjadualan dilakukan dengan menggunakan data dari hasil pengukuran pada satu perusahaan dan data bilangan random. Dari proses penjadualan kita mendapatkan hasil penjadualan dengan memakai metode yang mempertimbangkan satu kriteria tujuan, dan penjadualan heuristik dengan multi tujuan.

8. Analisa hasil penjadualan.

Pada tahap ini diperoleh hasil penjadualan:

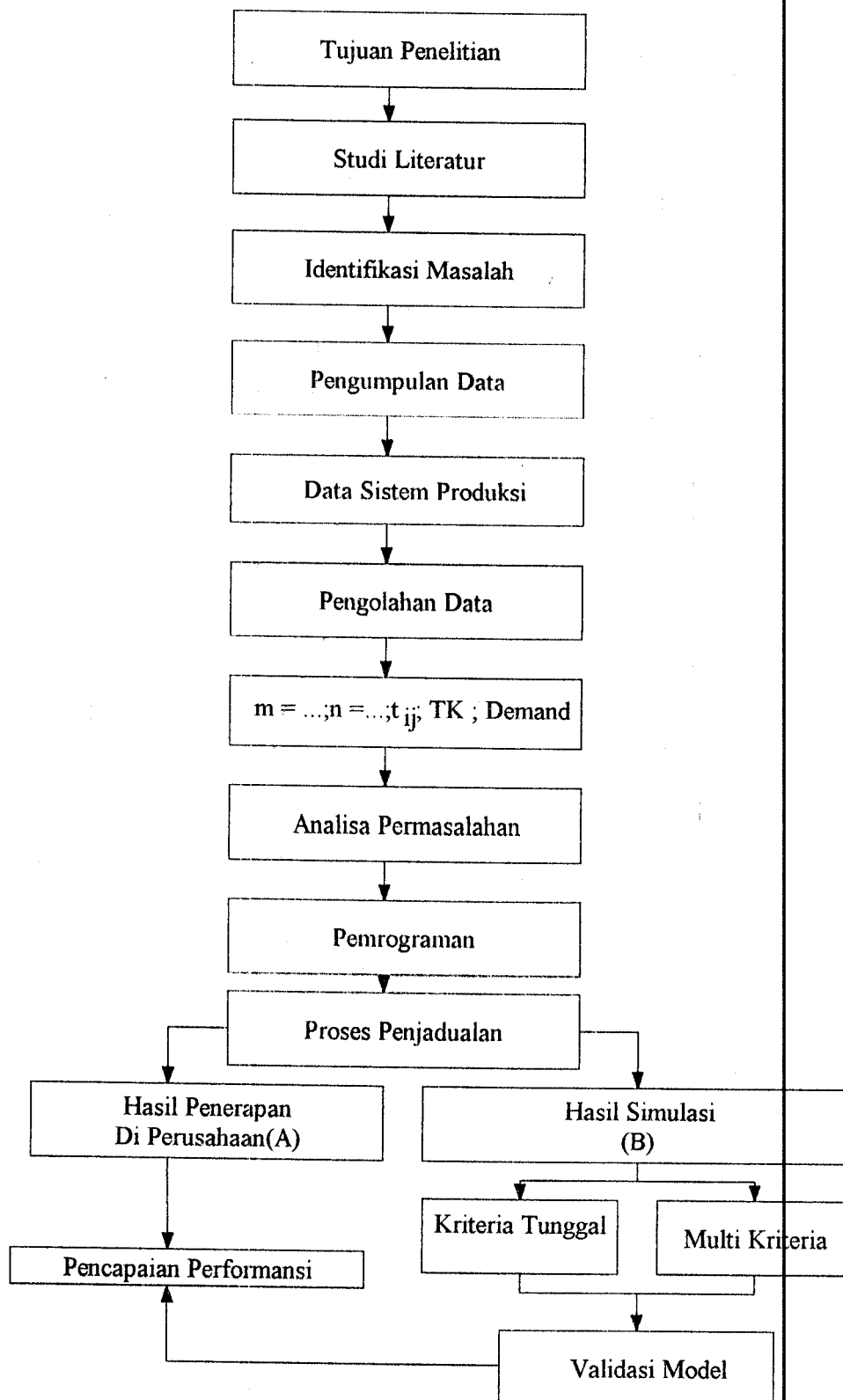
- a) Dari aplikasi di perusahaan berupa urutan pengerjaan dan W_{ij} (saat dimulainya pengerjaan job I di mesin j), F_{ij} (saat selesainya pengerjaan job i pada mesin j) dan performansi yang dicapai.
- b) Besarnya persen error yang di akibatkan penggunaan metode heuristik multi tujuan dibanding dengan metode yang mempertimbangkan kriteria tunggal. Hal ini bertujuan untuk melakukan validasi apakah memang ada perbedaan hasil antara penjadualan dengan satu tujuan dan penjadualan dengan multi tujuan. Selain itu untuk membuktikan metode mana yang lebih baik.

9. Penarikan kesimpulan dan saran.

Dari hasil penjadualan akan bisa ditarik kesimpulan tentang bagaimana jadual pengerjaan job-job yang ada di perusahaan yang digunakan sebagai obyek penelitian dan tentang besarnya penyimpangan yang terjadi jika kita

menggunakan metode heuristik dengan multi tujuan, dibandingkan dengan jika kita menggunakan kriteria performansi tunggal.

Saran akan diberikan kepada perusahaan tempat penelitian dilakukan dan bagi penulisan karya ilmiah berikutnya.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Baik buruknya suatu penelitian sebagian tergantung pada teknik-teknik pengumpulan datanya. Pengumpulan data dalam penelitian ilmiah dimaksudkan untuk mendapatkan bahan-bahan yang relevan, akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Untuk memperoleh data-data yang dimaksud, maka pengumpulan data menggunakan teknik-teknik, prosedur-prosedur serta alat-alat yang dapat diandalkan.

Dalam penelitian tentang penjadwalan produksi, data-data yang diperlukan adalah data-data mengenai:

1. Sistem produksi dan jenis produksi yang dijadualkan pada periode pengamatan, serta aliran proses produksi dari masing-masing produk.
2. Waktu baku proses pengerjaan produk pada setiap stasiun kerja.
3. Jumlah dan besarnya order yang ada untuk masing-masing produk.

Data-data yang diperlukan untuk penelitian dikumpulkan dengan berbagai cara yaitu:

1. Pengamatan/pengukuran langsung ke lokasi produksi. Dengan cara ini dapat dilakukan pengukuran langsung terutama untuk mendapatkan data-data yang sifatnya obyektif.
2. Wawancara/interview dengan mandor/foreman, kepala produksi atau pihak-pihak lain di perusahaan yang relevan dengan kebutuhan data penelitian.

3. Pengumpulan data yang sudah ada. terutama data yang berkenaan dengan spesifikasi produk, jumlah order, dan sistem produksi.

4.1. Sistem Produksi

Metode heuristik untuk menjadwalkan flow shop yang dibahas dalam tugas akhir ini akan dicoba diterapkan di CV. Mentari Massen Toys Indonesia. Sistem produksi di CV. Mentari Massen Toys Indonesia menganut sistem job order, yaitu produksi berdasarkan pada banyaknya order yang masuk ke perusahaan. Penjadwalan produksi dibuat dengan melihat jumlah order yang masuk. Dengan lama periode perencanaan satu bulan.

Salah satu produk dari perusahaan ini adalah bat tennis pantai. Produk ini mempunyai sistem produksi bertipe flow shop. Bat tennis pantai diproduksi dalam berbagai macam tipe dengan perbedaan pada ukuran dan aksesoris/hiasannya. Bat tennis pantai ini dalam pengirimannya kepada konsumen dikemas dalam kotak dengan tiap kotak berisi dua puluh empat pasang atau empat puluh delapan buah. Dalam periode pengamatan order bat tennis pantai yang masuk ke perusahaan adalah sebagai berikut:

1. MB.P80018G sebanyak 100 box(4800 buah)
2. MB.P8014 sebanyak 150 box(7200 buah)
3. MB.W8013 sebanyak 150 box(7200 buah)
4. MB.P8016 sebanyak 100 box(4800 buah)

Spesifikasi produk-produk tersebut adalah sebagai berikut:

1. MB.P80018G:

- Diameter kepala bat 8 inch.
- Tebal kayu 6 mm
- Bergambar

2. MB.P8014:

- Diameter kepala bat 10 inch.
- Tebal kayu 6 mm
- Bergambar

3. MB.W8013:

- Diameter kepala bat 12 inch.
- Tebal kayu 8 mm
- Bergambar

4. MB.P8016:

- Diameter kepala bat 10 inch.
- Tebal kayu 8 mm
- Polos

Untuk pemenuhan order yang masuk, konsumen pada umumnya tidak menentukan batas waktu (due date), namun perusahaan mempunyai kepentingan untuk dapat dengan segera memenuhi order yang masuk. Untuk melakukan penjadualan yang mampu memperkecil biaya produksi, maka penjadualan dilakukan dengan memperbanyak kriteria penjadualan yang mampu dicapai.

Proses produksi bat tennis pantai keseluruhannya merupakan operasi manual yang dibantu dengan alat-alat bantu permesinan. Akibatnya perusahaan juga akan mempertimbangkan pemakaian karyawan (hiring), yaitu perusahaan harus mampu menyeimbangkan produksi sehingga waktu menganggur (idle) mesin (karyawan) juga menjadi kecil. Hal ini perlu dipertimbangkan karena sistem pembayaran karyawan sebagian besar menggunakan sistem pengupahan borongan yang dihitung berdasarkan banyaknya produk yang dihasilkan. Sehingga karyawan menganggur berarti tidak menerima upah. Hal ini akan sangat mempengaruhi moral karyawan dalam melakukan pekerjaannya.

Sistem produksi bat tennis pantai tergolong jenis flow shop karena material/bahan baku mengalir dari suatu mesin kebagian mesin yang lain menurut suatu urutan tertentu. Dari semua jenis bat tennis pantai yang diproduksi memiliki pola aliran yang sama, kecuali pada beberapa produk yang tidak perlu melalui suatu mesin/tahap tertentu. Secara garis besar pola aliran di lantai produksi meliputi bagian pemotongan, spindel, dempul/poles, salep/gosok, penempelan gambar dan penempelan hand grip (lihat gambar 4.1). Secara singkat proses itu dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Gergaji/pemotongan

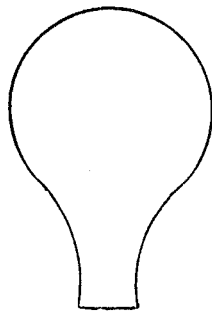
Dalam bagian ini kayu lapis yang merupakan bahan baku utama dibendel (ditumpuk dan dilekatkan dalam beberapa lapis). Banyaknya bendelan tergantung pada ketebalan kayu lapis yang digunakan. Patokan yang digunakan adalah ketebalan bendelan ± 5 cm. Kayu lapis yang telah dibendel dan dimal,

dipotong menggunakan mesin gergaji. Hasil dari proses ini berbentuk seperti gambar 4.1.a, dimana bagian yang membelok antara kepala bat dan pegangan tangan (hand grip) belum terbentuk.

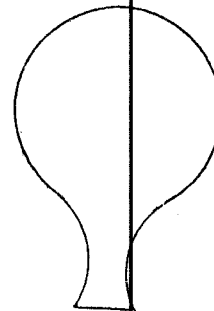
2. Spindel.

Bagian ini merupakan pengikut langsung (direct successor) bagian pemotongan.

Dalam bagian ini hasil dari bagian pemotongan diletakkan pada cetakan yang kemudian dibentuk seperti gambar 4.1.b pada mesin spindel. Jadi bagian ini adalah yang membuat belokan antara kepala bat dan pegangan tangan.



Gambar 4.1a Bentuk produk sebelum proses spindel



Gambar 4.1b bentuk produk setelah proses spindel

3. Poles/dempul.

Setelah bentuk dasar bat selesai (keluar dari bagian spindel), proses berlanjut pada proses dempul. Pada bagian ini permukaan bat/kayu lapis yang tidak rata dilapisi dengan dempul sehingga didapatkan permukaan yang datar tanpa gelombang maupun lubang.

4. Salep/gosok.

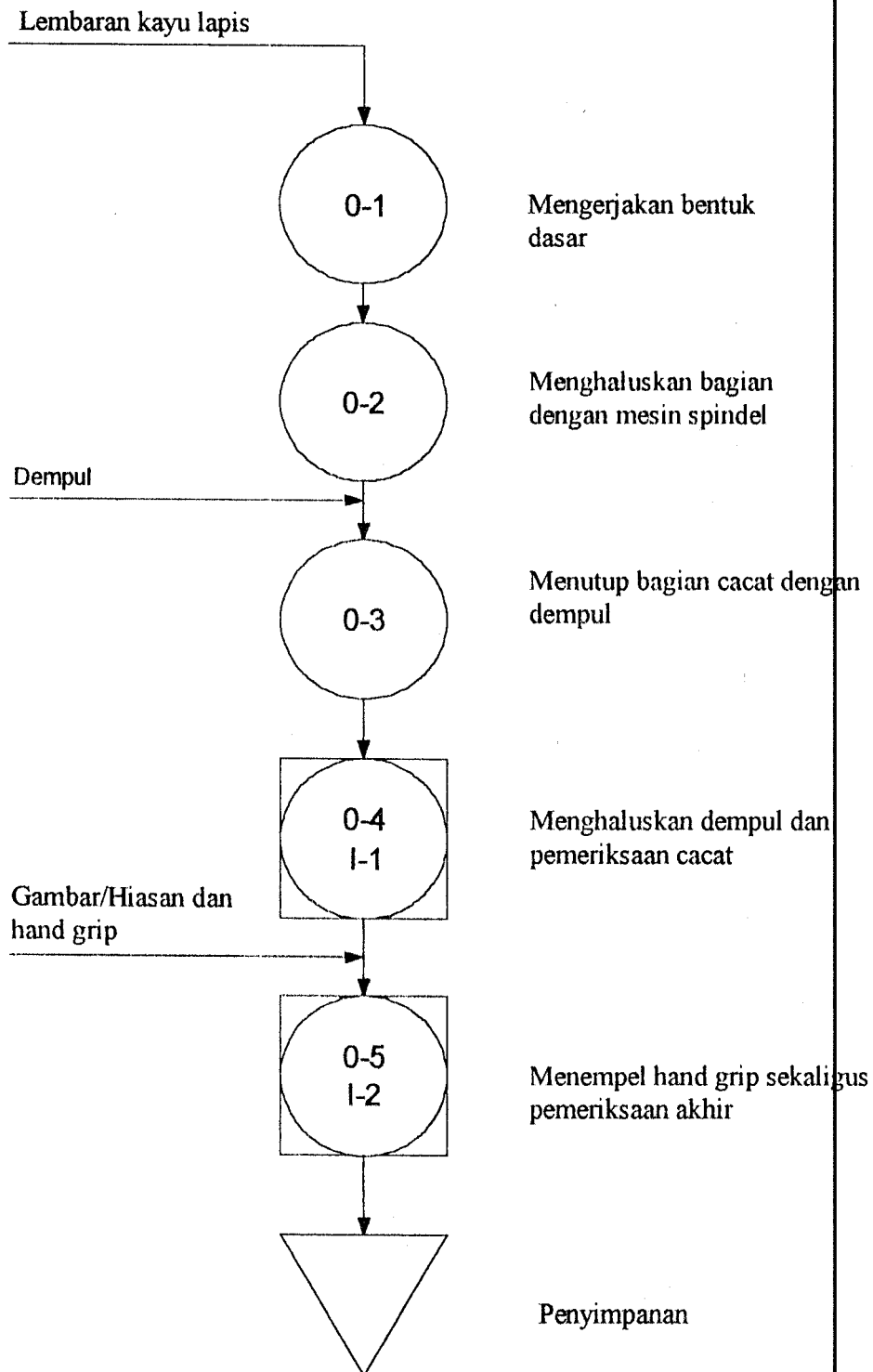
Pelapisan bat dengan dempul menghasilkan bat yang berlapis dempul yang tebal dan kasar permukaannya. Untuk itu kemudian digosok dengan menggunakan mesin gerinda salep/gosok. Setelah melalui bagian ini sebagian/beberapa bat tenis pantai sudah selesai dan meninggalkan bagian lantai produksi dan sebagian yang lain berlanjut ke bagian penempelan gambar dan penempelan hand grip.

5. Penempelan gambar dan hand grip.

Bat tenis pantai yang telah dihasilkan permukaannya pada bagian salep/dempul pada bagian ini diberi aksesoris berupa gambar-gambar dan hiasan. Gambar-gambar itu dicetak dikarton dan kemudian ditempelkan ke bat tenis pantai. Selanjutnya bat tenis yang sudah ditempel gambar dibawa ke bagian penempelan hand grip. Hand grip yang ditempelkan terbuat dari spon keras dengan bentuk yang telah disesuaikan dengan pegangan bat tenis yang ada. Bagian penempelan hand grip ini merupakan bagian terakhir proses pembuatan bat tenis pantai.

Untuk memudahkan pembahasan selanjutnya digunakan pengkodean terhadap nomor produk dan proses/bagian yang dilalui dalam aliran produksi.

Pengkodean itu dilakukan dengan memberikan nomor 1,2,3 dan 4 secara berurutan produk MB-P8018G, MB-P8013, MB-W8014 dan MB-P8016. Sedangkan bagian/mesin diberi nomor M1, M2, M3, M4, M5 dan M6 secara berurutan untuk bagian-bagian pemotongan, spindel, dempul/salep, penempelan gambar dan penempelan hand grip.



Gambar 4.2. Peta proses pengerjaan bat tennis secara umum

4.2 Waktu Standard Penyelesaian Operasi

Data yang diperoleh dari pengukuran di lokasi merupakan data mentah dan harus dilakukan pengolahan untuk mendapatkan data yang valid. Pengolahan data yang dilakukan meliputi uji keseragaman data, kecukupan data dan uji kesesuaian distribusi normal

Dalam uji keseragaman data digunakan $\bar{X} + 3SD$ sebagai batas kontrol atas dan $\bar{X} - 3SD$ sebagai batas kontrol bawah, jika ada data yang berada diluar batas kontrol bawah atau batas kontrol atas data tersebut tidak akan digunakan. Besarnya \bar{X} , batas kontrol atas batas kontrol bawah seperti dalam tabel 4.1a sampai dengan tabel 4.1d.

Untuk uji kesesuaian distribusi normal digunakan uji Kolmogorov-Smirnov yang ada pada paket program STATGRAF. Hasil perhitungan uji statistik K-S dapat dilihat pada tabel 4.2a sampai tabel 4.2d..

Tabel 4.1a Hasil Pengolahan Data Produk MB-P8018G

Prs	N	N'	SD	BKA	BKB	X	PR	Wn	Ws
1	30	15	0.95	13.43	7.75	10.59	1.13	11.96	12.59
2	30	19	0.36	4.29	2.13	3.21	1.14	3.65	3.85
3	30	7	8.01	143.41	95.34	119.38	1.09	130.12	136.97
4	30	9	6.99	114.72	72.78	93.75	1.11	104.06	109.54
5	30	11	4.23	69.32	43.94	56.63	1.11	62.86	66.17
6	30	14	2.74	39.66	23.22	31.44	1.12	35.22	37.07

Tabel 4.1b Hasil Pengolahan Data Produk MB-P8013

Prs	N	N'	SD	BKA	BKB	X	PR	Wn	Ws
1	30	20	1.42	16.84	8.32	12.58	1.13	14.22	14.96
2	30	17	0.37	4.73	2.51	3.62	1.14	4.13	4.34
3	30	2	3.37	142.78	122.56	132.67	1.09	144.61	152.22
4	30	11	8.35	126.83	76.73	101.78	1.11	112.98	118.92
5	30	11	5.06	75.37	45.01	60.19	1.12	67.41	70.96
6	30	9	2.87	41.89	24.67	33.28	1.11	36.94	38.89

Tabel 4.1c Hasil Pengolahan Data Produk MB-P8014

Prs	N	N'	SD	BKA	BKB	X	PR	Wn	Ws
1	30	21	1.36	16.25	8.09	12.17	1.13	13.75	14.47
2	30	24	0.42	4.55	2.03	3.29	1.14	3.75	3.95
3	30	6	7.74	148.98	102.52	125.75	1.09	137.07	144.28
4	30	2	2.50	107.40	92.38	99.89	1.11	110.88	116.71
5	30	7	3.91	70.62	47.16	58.89	1.12	65.96	69.43
6	30	15	2.41	40.41	25.98	33.20	1.11	36.85	38.79

Tabel 4.1d Hasil Pengolahan Data Produk MB-P8016

Prs	N	N'	SD	BKA	BKB	X	PR	Wn	Ws
1	30	23	1.47	16.69	7.87	12.28	1.13	13.88	14.61
2	30	19	0.42	5.14	2.62	3.88	1.14	4.42	4.66
3	30	8	8.89	151.78	98.44	125.11	1.09	136.37	143.55
4	30	5	5.50	118.99	86.00	102.49	1.11	113.77	119.76

Nilai $C_{1-\alpha}$ yang didapat dari tabel adalah sebesar 0,24 untuk $\alpha = 0.05$ dan $n = 30$ data. Karena semua nilai statistik uji (D_n) pada tabel 4.2a-4.2d lebih kecil dari $C_{1-\alpha}$ dapat disimpulkan bahwa semua data yang dikumpulkan berdistribusi normal.

Tabel 4.2a Uji distribusi produk MB-P8018G

No Produk	No Prs	Nama Proses	Dn
MB.P8018	1	Potong	0.17651
	2	Spin	0.13611
	3	Dempul	0.184744
	4	Salep	0.172646
	5	Tempel gambar	0.095018
	6	Tempel hand grip	0.126449

Tabel 4.2b Uji distribusi produk MB-P8013

No Produk	No Prs	Nama Proses	Dn
MB.P8013	1	Potong	0.130865
	2	Spin	0.046235
	3	Dempul	0.118075
	4	Salep	0.198681
	5	Tempel gambar	0.162269
	6	Tempel hand grip	0.133832

Tabel 4.2c Uji distribusi produk P8014

No Produk	No Prs	Nama Proses	Dn
MB.P8014	1	Potong	0.160156
	2	Spin	0.118155
	3	Dempul	0.166818
	4	Salep	0.107527
	5	Tempel gambar	0.14688
	6	Tempel hand grip	0.132305

Tabel 4.2d Uji distribusi produk MB-P8016

No Produk	No Prs	Nama Proses	Dn
MB.P8016	1	Potong	0.078304
	2	Spin	0.127969
	3	Dempul	0.134815
	4	Salep	0.136144

Waktu standar/baku operasi diperoleh dari waktu rata-rata pengamatan yang kemudian diberi rating dan allowance/kelonggaran. Pemberian faktor rating dan allowance seperti tercantum dalam lampiran tentang data hasil pengamatan waktu kerja masing-masing operasi.

Kelonggaran waktu/allowance yang diberikan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan:

- ⇒ Hasil sampling kerja yang memberikan hasil sebesar 3,4%.
- ⇒ Hasil sampling ini diyakini masih perlu ditambah lagi karena karyawan yang terlibat dalam pengamatan mempunyai motivasi yang terlalu tinggi.
- ⇒ Hasil interview dengan kepala bagian produksi bat tennis yang menyatakan kelonggaran/allowance yang diberikan perusahaan adalah 5%.
- ⇒ Kondisi pekerjaan yang relatif ringan, tidak memerlukan konsentrasi pikiran yang tinggi, kondisi lingkungan fisik yang baik dan adanya jam istirahat resmi pada siang hari mulai jam 11.30 s/d 12.30.
- ⇒ Waktu kerja efektif selama 7,5 jam.

Data hasil pengolahan untuk waktu proses dan demand adalah seperti yang ada pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengolahan data permintaan, jumlah tenaga kerja dan waktu proses

No Produk	Nama Prs	Ws(dt)	Prs/prd	Ws/prod	Demand	Ws (detik)	Ws (hari)	Jml TK	T _{ij} (hari)
MB.P8018	Potong	12.59	1	12.59	4800	60451.91	2.24	1	2.24
	Spin	3.85	2	7.69	4800	36933.12	1.37	1	1.37
	Dempul	136.97	1	136.97	4800	657469.64	24.35	10	2.44
	Salep	109.54	1	109.54	4800	525789.47	19.47	10	1.95
	Tempel gb	66.17	2	132.34	4800	635209.77	23.53	10	2.35
	Tempel hg	37.07	2	74.14	4800	355868.56	13.18	6	2.20
MB.P8013	Potong	14.96	1	14.96	7200	107737.77	3.99	1	3.99
	Spin	4.34	2	8.69	7200	62553.60	2.32	1	2.32
	Dempul	152.22	1	152.22	7200	1095977.33	40.59	10	4.06
	Salep	118.92	1	118.92	7200	856237.64	31.71	10	3.17
	Tempel gb	70.96	2	141.92	7200	1021836.13	37.85	10	3.78
	Tempel hg	38.89	2	77.77	7200	559944.76	20.74	6	3.46
MB.P8014	Potong	14.47	1	14.47	4800	69478.59	2.57	1	2.57
	Spin	3.95	2	7.90	4800	37900.80	1.40	1	1.40
	Dempul	144.28	1	144.28	4800	692551.58	25.65	10	2.57
	Salep	116.71	1	116.71	4800	560225.18	20.75	10	2.07
	Tempel gb	69.43	2	138.86	4800	666510.82	24.69	10	2.47
	Tempel hg	38.79	2	77.58	4800	372365.51	13.79	6	2.30
MB.P8016	Potong	14.61	1	14.61	7200	105168.51	3.90	1	3.90
	Spin	4.66	2	9.31	7200	67046.40	2.48	1	2.48
	Dempul	143.55	1	143.55	7200	1033540.29	38.28	10	3.83
	Salep	119.76	1	119.76	7200	862244.26	31.93	10	3.19

Dari waktu standar yang diperoleh bisa disusun matrik waktu pengerjaan suatu job pada masing-masing mesin. Tetapi sebelumnya harus diolah dengan mempertimbangkan jumlah tenaga kerja dan banyaknya demand. Pengerjaan job yang masuk dengan ukuran lot sesuai dengan jumlah demand (lot for lot). Matrik yang terbentuk merupakan input untuk melakukan proses penjadualan.

Tabel 4.4 Input penjadualan

Ms	Nama Proses	Job1	Job 2	Job 3	Job 4
1	Potong	2.24	3.99	2.57	3.90
2	Spindel	1.37	2.32	1.40	2.48
3	Dempul	2.44	4.06	2.57	3.83
4	Salep	1.95	3.17	2.07	3.19
5	Tempel gambar	2.35	3.78	2.47	0.00
6	Tempel hand grip	2.20	3.46	2.30	0.00

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Penerapan di CV. Mentari Massen Toys Indonesia

Dari data yang telah diolah pada bab sebelumnya maka proses penjadualan dapat dilakukan. Untuk memudahkan analisa maka disini proses pengerjaan produk disimbulkan dengan:

- M1 = proses pemotongan
- M2 = proses spindel
- M3 = proses dempul
- M4 = proses poles/salep
- M5 = proses penempelan gambar
- M6 = proses penempelan hand grip

Sedangkan untuk job disimbulkan dengan:

- Job1 = produk MB.P08018G
- Job2 = produk MB.P8013
- Job3 = produk MB.P8014
- Job4 = produk MB.P8016

5.1.1 Penjadualan dengan metode heuristik multi tujuan.

Dari hasil penjadualan dengan metode heuristik multi tujuan didapat urutan pengerjaan: 3-1-2-4. Waktu awal pemrosesan job ke-i

pada mesin ke-j (W_{ij}) dan waktu selesainya proses pengerjaan job ke-i

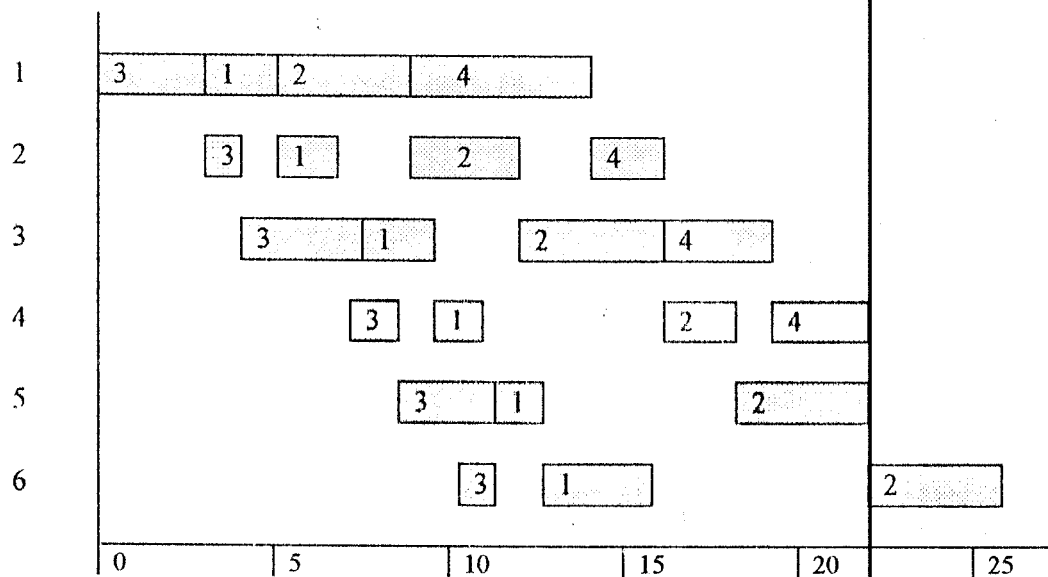
pada mesin ke-j (F_{ij}) adalah sebagai berikut:

- $W_{11} =$	2.57	- $F_{11} =$	4.81
- $W_{12} =$	4.81	- $F_{12} =$	6.18
- $W_{13} =$	6.54	- $F_{13} =$	8.98
- $W_{14} =$	8.98	- $F_{14} =$	10.93
- $W_{15} =$	11.08	- $F_{15} =$	13.43
- $W_{16} =$	13.43	- $F_{16} =$	15.63
- $W_{21} =$	4.81	- $F_{21} =$	8.80
- $W_{22} =$	8.80	- $F_{22} =$	11.12
- $W_{23} =$	11.12	- $F_{23} =$	15.18
- $W_{24} =$	15.18	- $F_{24} =$	18.35
- $W_{25} =$	18.35	- $F_{25} =$	22.13
- $W_{26} =$	22.13	- $F_{26} =$	25.59
- $W_{31} =$	0.00	- $F_{31} =$	2.57
- $W_{32} =$	2.57	- $F_{32} =$	3.97
- $W_{33} =$	3.97	- $F_{33} =$	6.54
- $W_{34} =$	6.54	- $F_{34} =$	8.61
- $W_{35} =$	8.61	- $F_{35} =$	11.08
- $W_{36} =$	11.08	- $F_{36} =$	13.38
- $W_{41} =$	8.80	- $F_{41} =$	12.70
- $W_{42} =$	12.70	- $F_{42} =$	15.18

- W_{43} =	15.18	- F_{43} =	19.01
- W_{44} =	19.01	- F_{44} =	22.20
- W_{45} =	22.20	- F_{45} =	22.20
- W_{46} =	25.59	- F_{46} =	25.59

Dengan pencapaian kriteria performansi sebagai berikut:

- Makespan: 25.59
- Total flow time 80.19
- Total Idle Time 56.77



Gambar 5.1. Gantt Chart Hasil Metode Heuristik Multi Tujuan

5.1.2. Penjadualan dengan kriteria performansi tunggal

Penjadualan produksi di CV. Mentari Messen Toys Indonesia jika diselesaikan dengan tujuan kriteria tunggal khususnya metode yang meminimasi makespan (metode Campbell Dudek Smith) akan

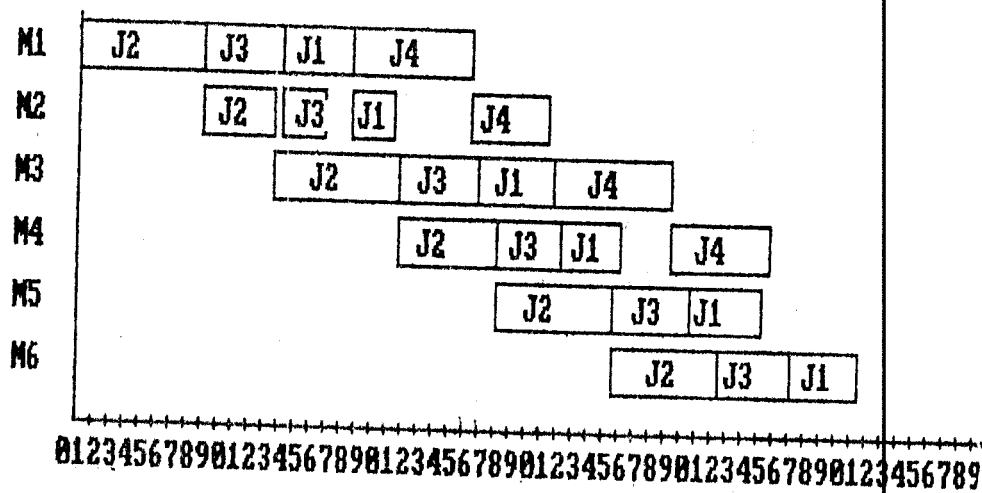
menghasilkan urutan 2-3-1-4. Dengan waktu mulai dan selesai proses sebagai berikut:

- W ₁₁ =	6.56	- F ₁₁ =	8.80
- W ₁₂ =	8.80	- F ₁₂ =	10.17
- W ₁₃ =	12.94	- F ₁₃ =	15.38
- W ₁₄ =	15.61	- F ₁₄ =	17.56
- W ₁₅ =	19.79	- F ₁₅ =	22.14
- W ₁₆ =	23.08	- F ₁₆ =	25.28
- W ₂₁ =	0.00	- F ₂₁ =	3.99
- W ₂₂ =	3.99	- F ₂₂ =	6.31
- W ₂₃ =	6.31	- F ₂₃ =	10.37
- W ₂₄ =	10.37	- F ₂₄ =	13.54
- W ₂₅ =	13.54	- F ₂₅ =	17.32
- W ₂₆ =	17.32	- F ₂₆ =	20.78
- W ₃₁ =	3.99	- F ₃₁ =	6.56
- W ₃₂ =	6.56	- F ₃₂ =	7.79
- W ₃₃ =	10.37	- F ₃₃ =	12.94
- W ₃₄ =	13.54	- F ₃₄ =	15.61
- W ₃₅ =	17.32	- F ₃₅ =	19.79
- W ₃₆ =	20.78	- F ₃₆ =	23.08
- W ₄₁ =	8.80	- F ₄₁ =	12.70
- W ₄₂ =	12.70	- F ₄₂ =	15.18

- $W_{43} =$	15.38	- $F_{43} =$	19.21
- $W_{44} =$	19.21	- $F_{44} =$	22.40
- $W_{45} =$	22.40	- $F_{45} =$	22.40
- $W_{46} =$	22.40	- $F_{46} =$	22.40

Dengan pencapaian kriteria performansi sebagai berikut:

- Makespan = 25.28
- Total flow time = 91.54
- Total Idle time = 57.06



Gambar 5.2. Gantt chart hasil penjadualan tujuan tunggal

Dari hasil penjadualan di atas dapat diketahui berapa selisih kriteria yang bisa dicapai oleh metode metode heuristik multi tujuan dibanding dengan metode CDS dengan kriteria performansi yang dicapai hanya satu:

**Tabel 5.1 Perbandingan pencapaian performansi untuk
CV. Mentari Massen Toys Indonesia**

KRITERIA	HEURISTIK MULTI TUJUAN	CDS KRITERIA MAKESPAN
Makespan	25.59	25.28
Total flow time	80.19	91.54
Total Idle time	56.77	57.06

Berikutnya akan dianalisa pengaruh hasil penjadualan multi tujuan pada sistem produksi yang lebih luas yaitu pada work in proses, maksimum waiting time, rata-rata waiting time dan utilitas mesin.

Tabel 5.2 Kriteria lain yang dicapai

KRITERIA	MULTI TUJUAN	TUJUAN TUNGGAL
Total waiting time	0.51	12.73
Rata-rata waiting time	0.1275	3.1825
Work in Proses	3.13	3.62
Utilitas mesin	0.391	0.396

5.2 Analisa Besar Penyimpangan Rata-Rata

Untuk membandingkan performansi masing-masing metode penjadualan, proses penjadualan dilakukan sebanyak 5 kali untuk tiap jumlah job dan mesin yang sama. Input waktu proses merupakan bilangan random mulai nol sampai dengan 25. Sedangkan input jumlah mesin dan job ditetapkan:

1. Jumlah mesin antara dua sampai dengan 10.
2. Jumlah job antara 2 sampai dengan 10.

Dari hasil simulasi didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5.3 Perhitungan persen error untuk makespan

		JUMLAH JOB								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
JUMLAH MESIN	2	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0
	3	0	0.125	0.042	2.258	2.212	0.267	2.145	3.35	1.505
	4	0.121	2.302	3.283	1.321	0.598	1.437	3.241	2.829	1.675
	5	0	1.221	0.152	1.159	1.287	2.56	1.956	1.18	1.894
	6	0	2.312	1.285	2.359	1.452	2.977	1.546	0.232	2.28
	7	0	0.360	2.145	0.142	2.579	1.094	0.213	2.8	2.643
	8	0.135	1.198	0.019	3.572	1.854	0.857	0.256	0.89	1.076
	9	0	1.275	2.246	0.842	2.541	2.251	3.546	0.89	5.56
	10	0	1.256	3.214	2.546	1.351	1.894	4.605	0.751	3.4

Tabel 5.4 Perhitungan persen error untuk total flow time

		JUMLAH JOB								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
JUMLAH MESIN	2	0	0.000	0.000	0.208	0.000	0.000	0.000	0.0984	0.000
	3	0	0.012	0.042	0.120	0.281	0.185	0.158	0.474	0.158
	4	0.129	0.215	0.175	0.021	0.325	0.401	0.087	0.189	0.197
	5	0	0.125	0.295	0.254	0.163	0.185	0.351	0.327	0.099
	6	0	0.195	0.285	0.254	0.125	0.012	0.145	0.359	0.285
	7	0	0.254	0.215	0.124	0.361	0.215	0.021	0.391	0.320
	8	0.095	0.149	0.289	0.245	0.098	0.099	0.654	0.213	0.240
	9	0	0.214	0.128	0.217	0.254	0.154	0.215	0.187	0.250
	10	0	0.014	0.214	0.241	0.215	0.051	0.125	0.260	0.156

Hasil di atas memperlihatkan bahwa metode penjadualan multi tujuan baru akan efektif/kelihatan hasilnya jika masalah yang akan diselesaikan mempunyai jumlah job lebih dari dua. atau bisa dikatakan bahwa hasil penjadualan dengan metode heuristik multi tujuan akan

memberikan hasil yang sama dengan metode penjadualan dengan tujuan tunggal jika jumlah job atau mesinnya hanya dua.

Dari tabel diatas bisa lihat bahwa untuk jumlah job dan mesin lebih dari dua, hasil penjadualan tidak dipengaruhi oleh banyaknya job atau mesin tetapi dipengaruhi oleh waktu proses masing-masing job di tiap-tiap mesin.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari pembahasan sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode heuristik multi tujuan untuk menjadwalkan flow shop akan didapat jadwal produksi yang mengacu pada makespan, total flow time dan total idle time pada mesin sebagai tujuannya.
2. Penjadwalan dengan metode heuristik multi tujuan menghasilkan jadwal yang baik tetapi bukan jadwal optimal. Karena hanya mempertimbangkan jadwal permutasi.
3. Penjadwalan produksi dengan menggunakan metode heuristik multi tujuan pada CV. Mentari Massen Toys Indonesia, akan didapat makespan yang lebih besar, tetapi total flow time dan idle time yang lebih kecil dari pada menggunakan tujuan tunggal (makespan).
4. Keuntungan lain yang bisa diperoleh jika CV. Mentari Massen Toys menggunakan metode heuristik multi tujuan adalah turunnya jumlah work in proses, maksimum waiting time dan rata-rata waiting time. Sedangkan kerugiannya adalah turunnya utilitas mesin.

5. Metode heuristik multi tujuan akan baik digunakan jika jumlah job dan mesin lebih dari dua. Hal ini karena untuk jumlah job atau mesin kurang dari dua, akan kecil kemungkinan untuk melakukan pertukaran urutan antar job pada mesin.
6. Untuk jumlah mesin atau job lebih dari 3, hasil dari metode heuristik multi tujuan tidak dipengaruhi oleh banyaknya job dan banyaknya mesin, tetapi sangat dipengaruhi oleh waktu proses masing-masing job pada tiap-tiap mesin.
7. Proses penjadualan produksi dalam tahap sequencing tidak dipengaruhi oleh ukuran lot yang akan dikerjakan. Artinya bahwa jika hasil penjadualan (*sequence*) menggunakan lot besar merupakan *sequence* yang paling baik, *sequence* tersebut juga akan merupakan *sequence* yang paling baik jika dikerjakan dengan lot yang lebih kecil

6.2 Saran

Saran-saran yang bisa diberikan penulis adalah sebagai berikut:

1. CV. Mentari Massen Toys Indonesia seharusnya menggunakan kriteria penjadualan yang lebih banyak dari pada hanya menggunakan makespan sebagai tujuan utama proses penjadualan produksinya. Karena semakin banyak kriteria penjadualan yang dijadikan acuan, maka secara umum sistem produksi akan semakin baik.
2. Untuk penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan pembobotan pada job berdasarkan harga jual produk atau pembobotan mesin yang berdasarkan biaya operasi mesin yang bersangkutan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alfredo H-S. Ang and Wilson H. Tang, *Konsep-Konsep Probabilitas dalam Perencanaan dan Perancangan Rekayasa*, Erlangga, 1987.
2. Andrew Kuziak, *Intelligent Manufacturing Systems*, 1992.
3. Averill M. Law and W. David Kelton, *Simulation Modelling and Analysis*, McGraw-Hill, Inc, 1991.
4. Baker, Kenneth R., *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley and Son, 1976.
5. Barnes, Ralph M., *Motion and Time Study: Design and Measurement of Work*, John Wiley and Son, New York, 1986.
6. Chandrasekharan Rajendran, *Heuristics for Scheduling in Flow Shop with Multiple Objectives*, European Journal of Operation Research 82 (1995).
7. Fadjar Hutomo, *Penjadwalan Produksi Multi Stage Multi Produk dengan Menggunakan Metode Common Cycle Scheduling*, Tugas Akhir, 1995.
8. Jogianto H. M., *Teori dan Aplikasi Program Komputer Bahasa Pascal Jilid I*, Andi Offset, 1988.
9. Jogianto H. M., *Teori dan Aplikasi Program Komputer Bahasa Pascal Jilid II*, Andi Offset, 1988.
10. Mikell P. Groover, *Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*, Prentice Hall, 1987.

11. P. Isap Santosa, *Pemrograman Pascal Tingkat Lanjut dan Struktur Data*, Andi Offset, 1989.
12. Thomas E. Morton and David W. Pentico, *Heuristic Scheduling Systems*, 1993.
13. Walpole, Ronald and Raymond H. Myers, *Ilmu Peluang dan Statistik Untuk Insinyur dan Ilmuwan*, ITB Bandung, 1986.
14. Wignjosoebroto, Sritomo, *Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja*, Guna Widya, 1992.

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8018G

Nama Proses		Pemotongan gergaji	
Tgl Pengamatan			
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	13.38	16	11.61
2	10.7	17	10.03
3	10.11	18	9.83
4	9.36	19	11.75
5	12.15	20	10.16
6	10.07	21	10.24
7	12.01	22	10.72
8	10.15	23	10.8
9	9.52	24	11.32
10	11.25	25	9.73
11	9.53	26	10.14
12	12.09	27	10.16
13	10.36	28	11.38
14	9.28	29	9.42
15	9.98	30	9.81

Lampiran A-1

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	(V)
Good	()
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)

Rata-rata Pengamatan : 10.5887
 Standard Deviasi : 0.9475
 Batas Kontrol Atas : 13.4312
 Batas Kontrol Bawah : 7.7462
 Performance Rating : 1.13
 N Yang dibutuhkan(N') : 15

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8018G

Nama Proses : Spindel		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	3.3	16	2.76
2	2.85	17	3.65
3	3.55	18	3.22
4	2.72	19	3.12
5	2.74	20	3.67
6	3.4	21	2.7
7	2.79	22	3.88
8	3.22	23	3.49
9	3.36	24	2.85
10	3.48	25	2.91
11	3.59	26	2.85
12	3.48	27	3.66
13	3.19	28	3.14
14	3.3	29	3.69
15	3.61	30	3.01

Lampiran A-2

SKILL	
Excellent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excellent	(V)
Good	()
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excellent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONDITIONS	
Excellent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)

Rata-rata Pengamatan : 3.206
 Standard Deviasi : 0.36
 Batas Kontrol Atas : 4.286
 Batas Kontrol Bawah : 2.126
 Performance Rating : 1.14
 N Yang dibutuhkan(N') : 19

DATA HASIL PENGAMATAN

Lampiran A-3

No. Produk : MB-P8018G

Nama Proses : Salep Gosok

Tgl Pengamatan :

No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	96.76	16	87.39
2	87.29	17	101.8
3	102.13	18	88.93
4	91.75	19	86.05
5	102.7	20	89.39
6	100.72	21	93.11
7	97.34	22	89.19
8	97.51	23	83.53
9	102.98	24	91.66
10	89.47	25	106.88
11	85.47	26	98.66
12	104.79	27	86.91
13	85.96	28	89.28
14	86.93	29	93.54
15	103.45	30	90.29

SKILL	
Excellent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excellent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excellent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excellent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 93.75
 Standard Deviasi : 6.99
 Batas Kontrol Atas : 114.72
 Batas Kontrol Bawah : 72.78
 Performance Rating : 1.11
 N Yang dibutuhkan(N') : 9

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8018G

Nama Proses : Tempel kertas gambar		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	50.17	16	61.33
2	67.73	17	61.55
3	58.63	18	46.36
4	59.6	19	57.04
5	57.73	20	54.16
6	52.7	21	59.5
7	61.59	22	56.32
8	55.43	23	54.58
9	51.42	24	57.17
10	53.93	25	56.83
11	54.44	26	49.51
12	69.4	27	54.72
13	57.62	28	57.17
14	59.29	29	55.03
15	57.85	30	58.58

Lampiran A-4

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 56.63
 Standard Deviasi : 4.23
 Batas Kontrol Atas : 69.32
 Batas Kontrol Bawah : 43.94
 Performance Rating : 1.11
 N Yang dibutuhkan(N') : 11

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8018G

Nama Proses		Tempel hand grip	
Tgl Pengamatan			
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	30.85	16	35.55
2	31.71	17	29.99
3	27.06	18	29.33
4	34.61	19	28.04
5	27.6	20	32.24
6	30.18	21	30.667
7	31.12	22	31.98
8	27.11	23	32.08
9	34.11	24	30.05
10	31.99	25	35.7
11	36.02	26	27.39
12	36.46	27	32.77
13	35.73	28	36.26
14	34.02	29	28.14
15	29.65	30	29.88

Lampiran A-5

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 31.443
 Standard Deviasi : 2.74
 Batas Kontrol Atas : 39.663
 Batas Kontrol Bawah : 23.223
 Performance Rating : 1.12
 N Yang dibutuhkan(N') : 14

DATA HASIL PENGAMATAN

Lampiran A-6

No. Produk : MB-W8013

Nama Proses : Pematongan/Gergaji		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan	No	Hasil Pengamatan
1	13.69	16	11.76
2	11.74	17	11.84
3	11.29	18	10.61
4	14.82	19	12.39
5	13.21	20	11.21
6	12.69	21	12.89
7	13.94	22	10.24
8	13.94	23	13.49
9	12.46	24	10.77
10	12.94	25	11.54
11	13.23	26	11.4
12	14.68	27	14.22
13	14.91	28	14.35
14	10.09	29	11.7
15	11.31	30	14.04

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	(V)
Good	()
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)

Rata-rata Pengamatan : 12.58
 Standard Deviasi : 1.42
 Batas Kontrol Atas : 16.84
 Batas Kontrol Bawah : 8.32
 Performance Rating : 1.13
 N Yang dibutuhkan(N') : 20

DATA HASIL PENGAMATAN

Lampiran A-7

No. Produk : MB-W8013

Nama Proses : Spindel		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan	No	Hasil Pengamatan
1	3.42	16	3.77
2	3.91	17	3.98
3	3.75	18	3.12
4	3.17	19	3.91
5	3.53	20	3.2
6	4.12	21	4.03
7	3.67	22	3.68
8	3.42	23	3.38
9	3.87	24	3.02
10	3.82	25	3.15
11	4.16	26	3.63
12	4.23	27	2.98
13	4.03	28	3.66
14	3.74	29	3.5
15	4.12	30	3.05

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	(V)
Good	()
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)

Rata-rata Pengamatan : 3.62
 Standard Deviasi : 0.37
 Batas Kontrol Atas : 4.73
 Batas Kontrol Bawah : 2.51
 Performance Rating : 1.14
 N Yang dibutuhkan(N') : 17

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-W8013

Nama Proses : Poles dempul		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan	No	Hasil Pengamatan
1	124.02	16	135.31
2	135.17	17	132.04
3	129.14	18	133.68
4	134.43	19	134.68
5	136.77	20	133.79
6	134.11	21	138.52
7	129.31	22	130.21
8	127.32	23	130.54
9	126.85	24	134.33
10	133.25	25	138.48
11	128.49	26	133.15
12	139.81	27	132.67
13	135.38	28	134.03
14	129.56	29	129.13
15	130.09	30	135.98

Lampiran A-8

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 132.668
 Standard Deviasi : 3.73
 Batas Kontrol Atas : 143.858
 Batas Kontrol Bawah : 121.478
 Performance Rating : 1.09
 N Yang dibutuhkan(N') : 2

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-W8013

Nama Proses : Salep/Gosok

Tgl Pengamatan :

No	Hasil Pengamatan	No	Hasil Pengamatan
1	84.99	16	99.21
2	108.98	17	106.4
3	109.22	18	107.14
4	118.89	19	96.95
5	112.01	20	99.81
6	100.63	21	89.16
7	110.41	22	106.53
8	97.67	23	108.32
9	93.8	24	95.37
10	98.7	25	97.66
11	99.96	26	111.43
12	87.43	27	100.52
13	109.38	28	106.86
14	96.95	29	87.47
15	110.97	30	100.64

Lampiran A-9

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 101.78
 Standard Deviasi : 8.35
 Batas Kontrol Atas : 126.83
 Batas Kontrol Bawah : 76.73
 Performance Rating : 1.11
 N Yang dibutuhkan(N') : 11

DATA HASIL PENGAMATAN

Lampiran A-10

No. Produk : MB-W8013

Nama Proses : Tempel kertas gambar
 Tgl Pengamatan :

No	Hasil Pengamatan (detik)	No	Hasil Pengamatan (detik)
1	61.07	16	56.24
2	52.09	17	57.32
3	65.05	18	55.24
4	64.51	19	53.78
5	68.68	20	56.17
6	63.05	21	54.44
7	62.09	22	67.63
8	53.86	23	62.31
9	63.57	24	54.74
10	64.52	25	56.92
11	61.13	26	63.99
12	53.79	27	65.59
13	64.52	28	56.73
14	52.79	29	66.41
15	56.14	30	62.21

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 60.19
 Standard Deviasi : 5.06
 Batas Kontrol Atas : 75.37
 Batas Kontrol Bawah : 45.01
 Performance Rating : 1.11
 N Yang dibutuhkan(N') : 11

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-W8013

Nama Proses : Tempel hand grip

Tgl Pengamatan :

No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	35.1	16	34.8
2	32.38	17	33.39
3	36.55	18	32.28
4	31.54	19	35.52
5	37.03	20	33.26
6	39.38	21	34.93
7	31.98	22	29.75
8	30.18	23	31.1
9	35.17	24	34.6
10	31.4	25	36.13
11	32.11	26	31.54
12	35.4	27	30.47
13	30.24	28	29.09
14	34.8	29	32.54
15	37	30	34.57

Lampiran A-11

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 33.28
 Standard Deviasi : 2.87
 Batas Kontrol Atas : 41.89
 Batas Kontrol Bawah : 24.67
 Performance Rating : 1.12
 N Yang dibutuhkan(N') : 9

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8014

Nama Proses : Pematangan		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	10.47	16	10.06
2	13.56	17	9.83
3	12.03	18	13.13
4	13.93	19	10.47
5	12.57	20	10.46
6	9.96	21	9.96
7	10.06	22	13.81
8	11.83	23	13.44
9	10.29	24	12.89
10	10.86	25	11.46
11	13.28	26	13.68
12	12.45	27	10.46
13	11.56	28	13.13
14	12.28	29	12.23
15	12.45	30	12.83

Lampiran A-12

SKILL	
Excellent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excellent	(V)
Good	()
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excellent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excellent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)

Rata-rata Pengamatan : 12.169
 Standard Deviasi : 1.3596
 Batas Kontrol Atas : 16.2478
 Batas Kontrol Bawah : 8.0902
 Performance Rating : 1.13
 N Yang dibutuhkan(N') : 21

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8014

Nama Proses : Spindel		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	2.94	16	3.8
2	3.5	17	3.53
3	2.9	18	3.96
4	2.95	19	3.67
5	2.64	20	3.12
6	3.43	21	3.76
7	3.78	22	3.19
8	3.35	23	3.55
9	2.94	24	2.54
10	3.52	25	2.74
11	3.87	26	2.78
12	3.55	27	3.42
13	3.33	28	3.38
14	3.11	29	2.61
15	3.02	30	3.46

Lampiran A-13

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	(V)
Good	()
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)

Rata-rata Pengamatan : 3.29
 Standard Deviasi : 0.42
 Batas Kontrol Atas : 4.55
 Batas Kontrol Bawah : 2.03
 Performance Rating : 1.14
 N Yang dibutuhkan(N') : 24

DATA HASIL PENGAMATAN

Lampiran A-14

No. Produk : MB-P8014

Nama Proses : Dempul/Poles

Tgl Pengamatan :

No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	121.01	16	135.07
2	119.01	17	122.61
3	133.05	18	115.81
4	134.61	19	130.45
5	133.86	20	130.29
6	114.23	21	131.32
7	121.94	22	117.19
8	113.61	23	118.83
9	132.45	24	117.81
10	119.74	25	119.88
11	119.65	26	133.94
12	120.11	27	135.88
13	116.05	28	135.18
14	130.36	29	135.71
15	130.16	30	132.68

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 125.75
 Standard Deviasi : 7.7429
 Batas Kontrol Atas : 148.9787
 Batas Kontrol Bawah : 102.5213
 Performance Rating : 1.09
 N Yang dibutuhkan(N^r) : 6

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8014

Lampiran A-15

Nama Proses : Salep/gosok		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	94.51	16	101.05
2	102.86	17	102.96
3	101.34	18	103.36
4	104.12	19	96.18
5	101.06	20	98.92
6	103.42	21	103.62
7	98.43	22	99.31
8	97.69	23	97.97
9	101.29	24	98.53
10	98.84	25	100.94
11	95.26	26	101.26
12	101.73	27	100.99
13	100.8	28	99.19
14	98.84	29	98.73
15	103.96	30	88.89

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 99.89
 Standard Deviasi : 2.503
 Batas Kontrol Atas : 107.399
 Batas Kontrol Bawah : 92.381
 Performance Rating : 1.11
 N Yang dibutuhkan(N') : 2

DATA HASIL PENGAMATAN

Lampiran A-16

No. Produk : MB-P8014

Nama Proses : Tempel kertas gambar

Tgl Pengamatan :

No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	55.11	16	60.66
2	62.08	17	59.55
3	65.77	18	59.67
4	54.38	19	64.41
5	63.85	20	52.77
6	57.92	21	53.09
7	65.28	22	64.34
8	61.4	23	59.14
9	53.99	24	58.79
10	60.67	25	57.96
11	60.58	26	59.98
12	54.94	27	61.17
13	54.99	28	54.7
14	62.62	29	57.92
15	54.67	30	54.03

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 58.89
 Standard Deviasi : 3.91
 Batas Kontrol Atas : 70.62
 Batas Kontrol Bawah : 47.16
 Performance Rating : 1.11
 N Yang dibutuhkan(N') : 7

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8014

Nama Proses : Tempel Hand grip		Tgl Pengamatan :	
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	29.18	16	36.47
2	35.24	17	36.21
3	32.91	18	35.21
4	35.86	19	34.04
5	32.71	20	36.07
6	29.58	21	31.08
7	33.9	22	29.32
8	36.13	23	31.31
9	32.71	24	36.11
10	30.33	25	32.96
11	30.27	26	36.29
12	32.04	27	31.2
13	31.28	28	21.42
14	36.79	29	32.04
15	33.56	30	33.77

Lampiran A-17

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 33.197
 Standard Deviasi : 2.40532
 Batas Kontrol Atas : 40.41296
 Batas Kontrol Bawah : 25.98104
 Performance Rating : 1.12
 N Yang dibutuhkan(N') : 15

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8016

Nama Proses : Salep/Gosok

Tgl Pengamatan :

No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	107.14	16	94.947
2	100.52	17	109.22
3	108.98	18	111.43
4	95.37	19	97.49
5	99.96	20	110.41
6	106.86	21	100.63
7	99.16	22	97.66
8	99.21	23	110.97
9	99.67	24	102.01
10	109.38	25	108.32
11	96.95	26	93.8
12	108.289	27	99.95
13	98.7	28	97.47
14	100.64	29	106.4
15	106.53	30	99.81

Lampiran A-18

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 102.494
 Standard Deviasi : 5.498
 Batas Kontrol Atas : 118.988
 Batas Kontrol Bawah : 86
 Performance Rating : 1.11
 N Yang dibutuhkan(N') : 5

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8016

Nama Proses : Dempul Poles

Tgl Pengamatan :

No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	119.49	16	125.77
2	123.43	17	139.18
3	109.91	18	136.43
4	109.01	19	121.18
5	133.94	20	136.06
6	130.79	21	115.59
7	130.67	22	129.45
8	116.23	23	135.12
9	135.38	24	125.18
10	119.28	25	131.03
11	115.35	26	120.29
12	130.61	27	123.35
13	127.99	28	116.63
14	118.35	29	137.27
15	131.06	30	109.38

Lampiran A-19

SKILL	
Excellent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excellent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excellent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)
CONDITIONS	
Excellent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()

Rata-rata Pengamatan : 125.11
 Standard Deviasi : 8.9
 Batas Kontrol Atas : 151.81
 Batas Kontrol Bawah : 98.41
 Performance Rating : 1.09
 N Yang dibutuhkan(N') : 8

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8016

Lampiran A-20

Nama Proses		: Spindel	
Tgl Pengamatan		:	
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	3.01	16	3.73
2	3.58	17	3.61
3	4.16	18	3.28
4	4.25	19	3.05
5	4.16	20	3.66
6	4.25	21	3.81
7	3.37	22	4.15
8	3.76	23	4.36
9	4.28	24	4.12
10	3.35	25	3.22
11	4.16	26	4.32
12	4.21	27	4.31
13	4.19	28	4.25
14	4.16	29	4.17
15	4.11	30	3.48

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)

Rata-rata Pengamatan : 3.88
 Standard Deviasi : 0.42
 Batas Kontrol Atas : 5.14
 Batas Kontrol Bawah : 2.62
 Performance Rating : 1.14
 N Yang dibutuhkan(N') : 19

DATA HASIL PENGAMATAN

No. Produk : MB-P8016

Nama Proses		Pemotongan	
Tgl Pengamatan			
No	Hasil Pengamatan(detik)	No	Hasil Pengamatan(detik)
1	13.34	16	13.43
2	11.71	17	12.6
3	13.29	18	11.84
4	12.39	19	13.74
5	12.62	20	12.1
6	10.76	21	11.93
7	12.47	22	13.34
8	10.38	23	13.63
9	12.27	24	11.7
10	10.13	25	10.05
11	11.74	26	10.21
12	10.8	27	13.22
13	15.48	28	10.19
14	14.49	29	11.45
15	11.69	30	15.29

Lampiran A-21

SKILL	
Excelent	()
Good	(V)
Average	()
Fair	()
EFFORT	
Excelent	(V)
Good	()
Average	()
Fair	()
CONSISTENCY	
Excelent	()
Good	()
Average	(V)
Fair	()
CONDITIONS	
Excelent	()
Good	()
Average	()
Fair	(V)

Rata-rata Pengamatan : 12.28
 Standard Deviasi : 1.47
 Batas Kontrol Atas : 16.69
 Batas Kontrol Bawah : 7.87
 Performance Rating : 1.13
 N Yang dibutuhkan(N¹) : 23

LAMPIRAN B
HASIL UJI DISTRIBUSI NORMAL

Hasil uji K-S untuk proses pemotongan

Produk MB.W8013

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.130865
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.0968054
Estimated overall statistic DN = 0.130865
Approximate significance level = 0.963155

Produk MB.P8014

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.115022
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.160156
Estimated overall statistic DN = 0.160156
Approximate significance level = 0.424956

Produk MB.P8016

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.0758406
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.078304
Estimated overall statistic DN = 0.078304
Approximate significance level = 0.992855

Produk MB.P80018G

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.17651
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.0930221
Estimated overall statistic DN = 0.17651
Approximate significance level = 0.93732

Hasil uji K-S untuk proses salep/gosok

Produk MB.P8013

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.19868
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.161268
Estimated overall statistic DN = 0.19868
Approximate significance level = 0.907102

Produk MB.P8014

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.064557
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.107527
Estimated overall statistic DN = 0.107527
Approximate significance level = 0.978569

Produk MB.P8016

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.136144
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.0843781
Estimated overall statistic DN = 0.136144
Approximate significance level = 0.934422

Produk MB.P8018

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.212646
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.153808
Estimated overall statistic DN = 0.212646
Approximate significance level = 0.902623

Hasil uji K-S untuk proses Spindel

Produk MB.W8013

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.046235
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.012117
Estimated overall statistic DN = 0.046235
Approximate significance level = 0.9638472

Produk MB.P8014

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.0928437
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.118155
Estimated overall statistic DN = 0.118155
Approximate significance level = 0.906391

Produk MB.P8016

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.127969
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.072858
Estimated overall statistic DN = 0.127969
Approximate significance level = 0.922961

Produk MB.P80018G

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.13611
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.107665
Estimated overall statistic DN = 0.13611
Approximate significance level = 0.94739

Hasil uji K-S untuk proses dempul

Produk MB.W8013

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.0824895
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.118075
Estimated overall statistic DN = 0.118075
Approximate significance level = 0.797068

Produk MB.P8014

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.166818
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.11551
Estimated overall statistic DN = 0.166818
Approximate significance level = 0.923222

Produk MB.P8016

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.134815
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.103945
Estimated overall statistic DN = 0.134815
Approximate significance level = 0.946695

Produk MB.P80018G

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.118696
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.184744
Estimated overall statistic DN = 0.184744
Approximate significance level = 0.907476

Hasil uji K-S untuk proses penempelan gambar

Produk MB.W8013

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.162269
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.136551
Estimated overall statistic DN = 0.162269
Approximate significance level = 0.908399

Produk MB.P8014

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.14688
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.084733
Estimated overall statistic DN = 0.14688
Approximate significance level = 0.936844

Produk MB.P80018G

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.0873673
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.0950815
Estimated overall statistic DN = 0.0950815
Approximate significance level = 0.949077

Hasil uji K-S untuk proses penempelan Hand grip

Produk MB.W8013

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.110398
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.133832
Estimated overall statistic DN = 0.133832
Approximate significance level = 0.955775

Produk MB.P8014

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.103655
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.132305
Estimated overall statistic DN = 0.132305
Approximate significance level = 0.909877

Produk MB.P80018G

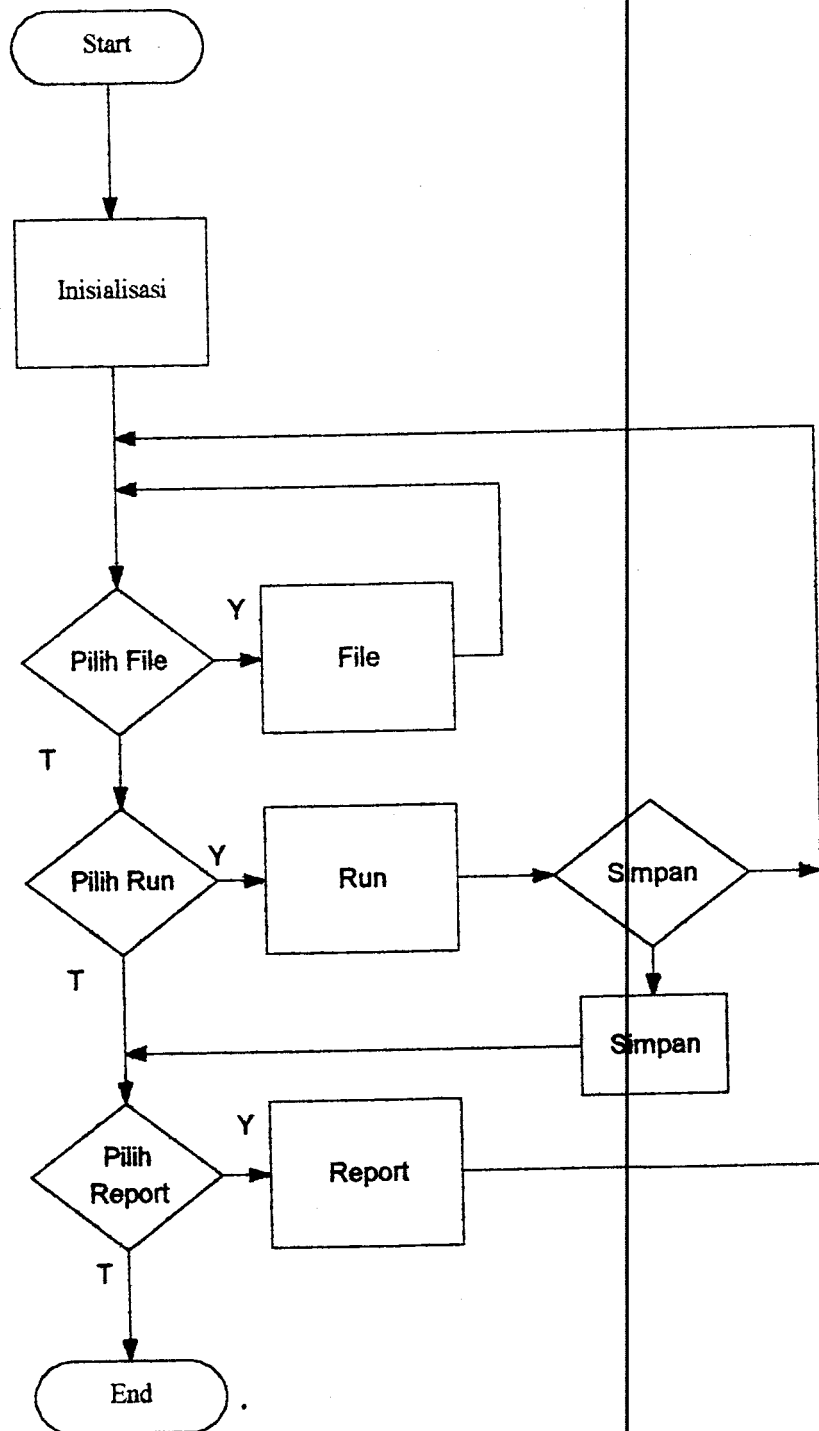
Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.0859673
Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.126449
Estimated overall statistic DN = 0.126449
Approximate significance level = 0.923532

Tabel Nilai Kritis D_n^α dalam uji Kolmogorov-Smirnov ¹

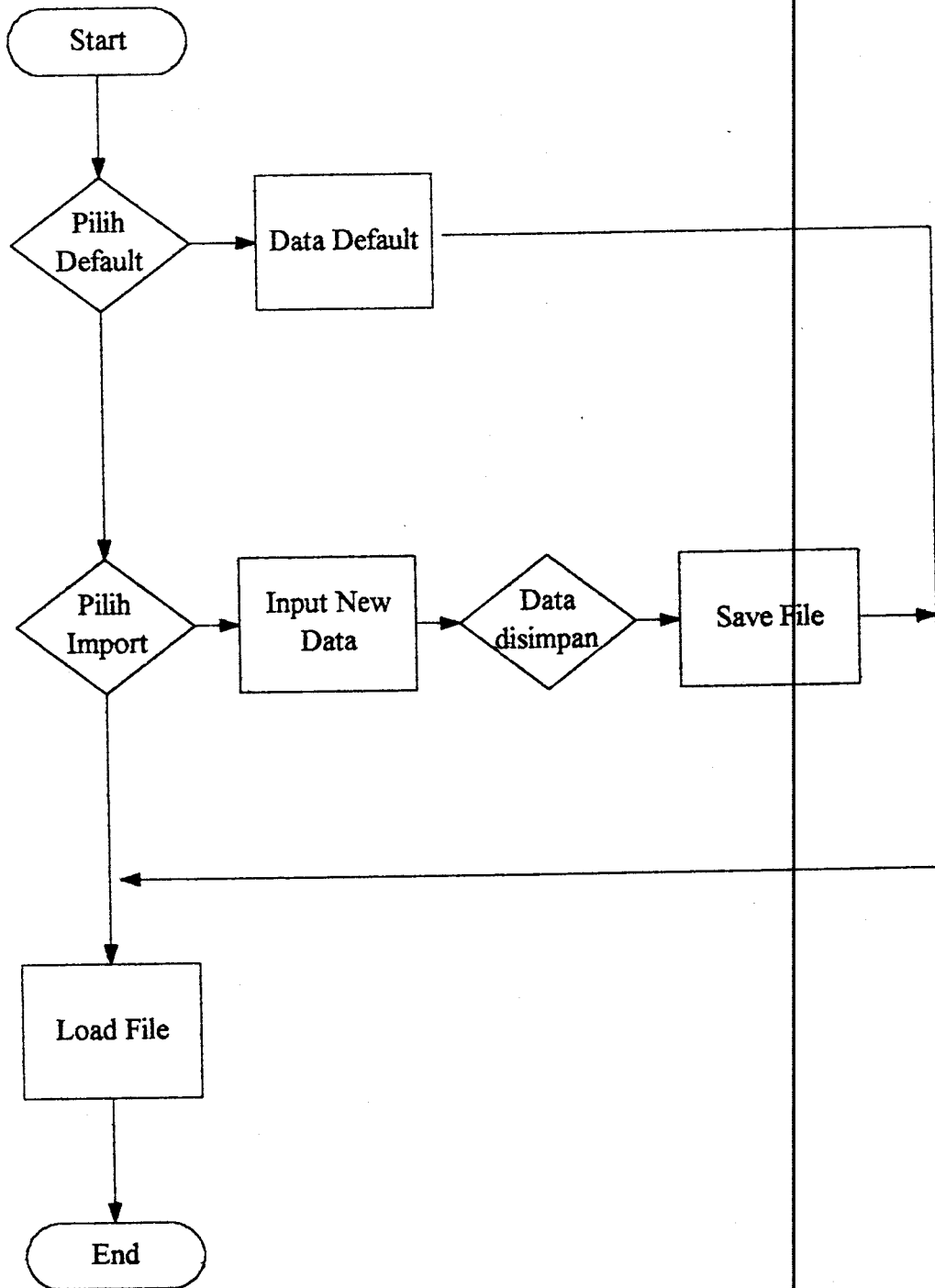
N	α	0.20	0.10	0.05	0.01
5		0.45	0.51	0.56	0.67
10		0.32	0.37	0.41	0.49
15		0.27	0.30	0.34	0.40
20		0.23	0.26	0.29	0.36
25		0.21	0.24	0.27	0.32
30		0.19	0.22	0.24	0.29
35		0.18	0.20	0.23	0.27
40		0.17	0.19	0.21	0.25
45		0.16	0.18	0.20	0.24
50		0.15	0.17	0.19	0.23
>50		$1.07/\sqrt{N}$	$1.22/\sqrt{N}$	$1.36/\sqrt{N}$	$1.63/\sqrt{N}$

¹ Alfredo H-S. Ang & Wilson H. Tang, "Konsep-konsep probabilitas dalam perencanaan dan perancangan rekayasa," Penerbit Erlangga, 1975

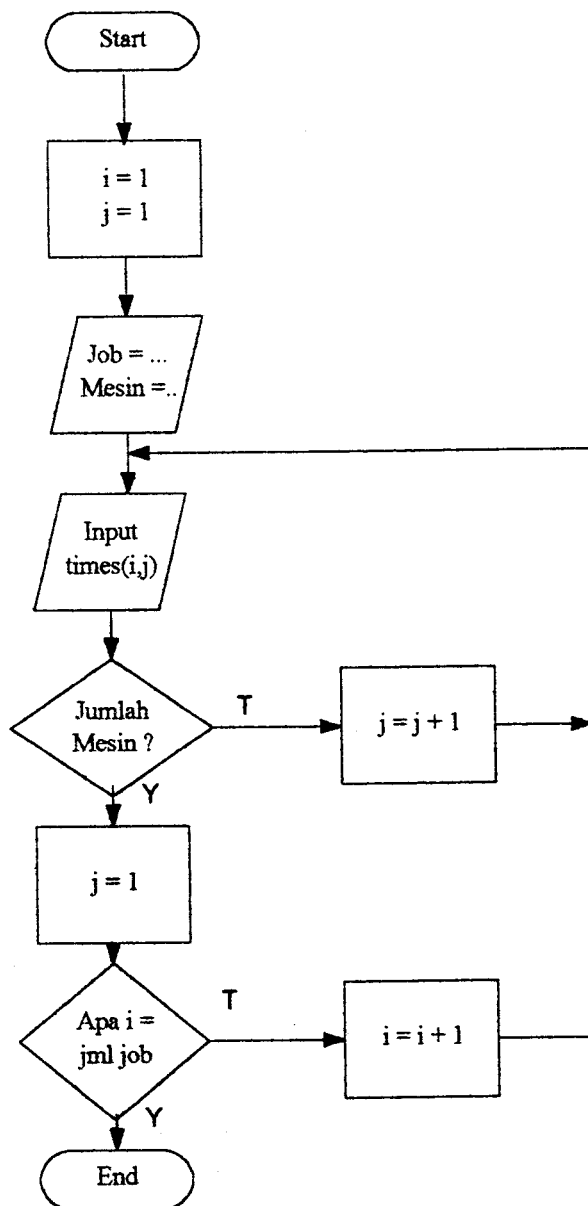
I. Flow Chart Bagian Program Utama



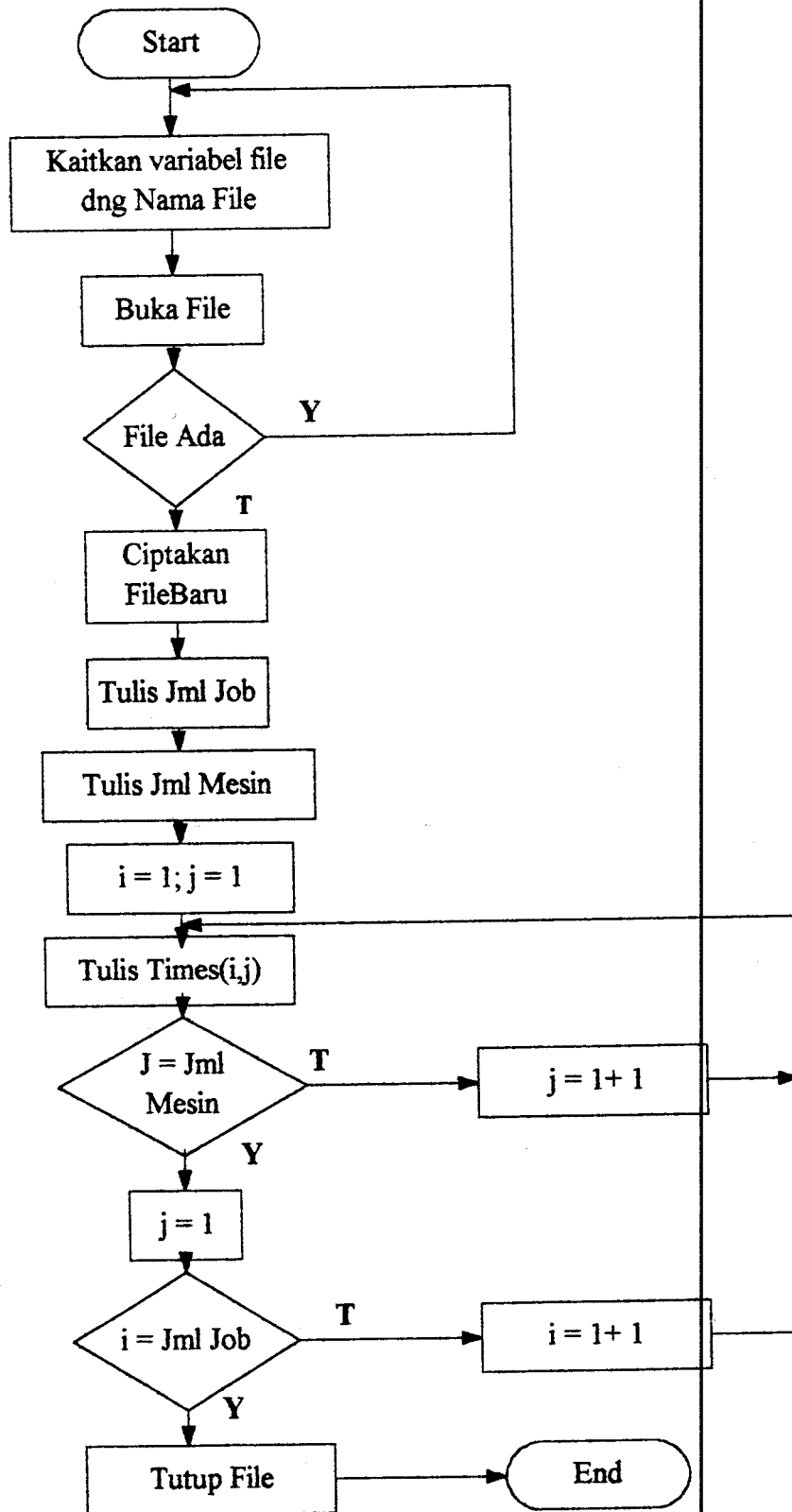
II. Flow Chart Bagian Program File



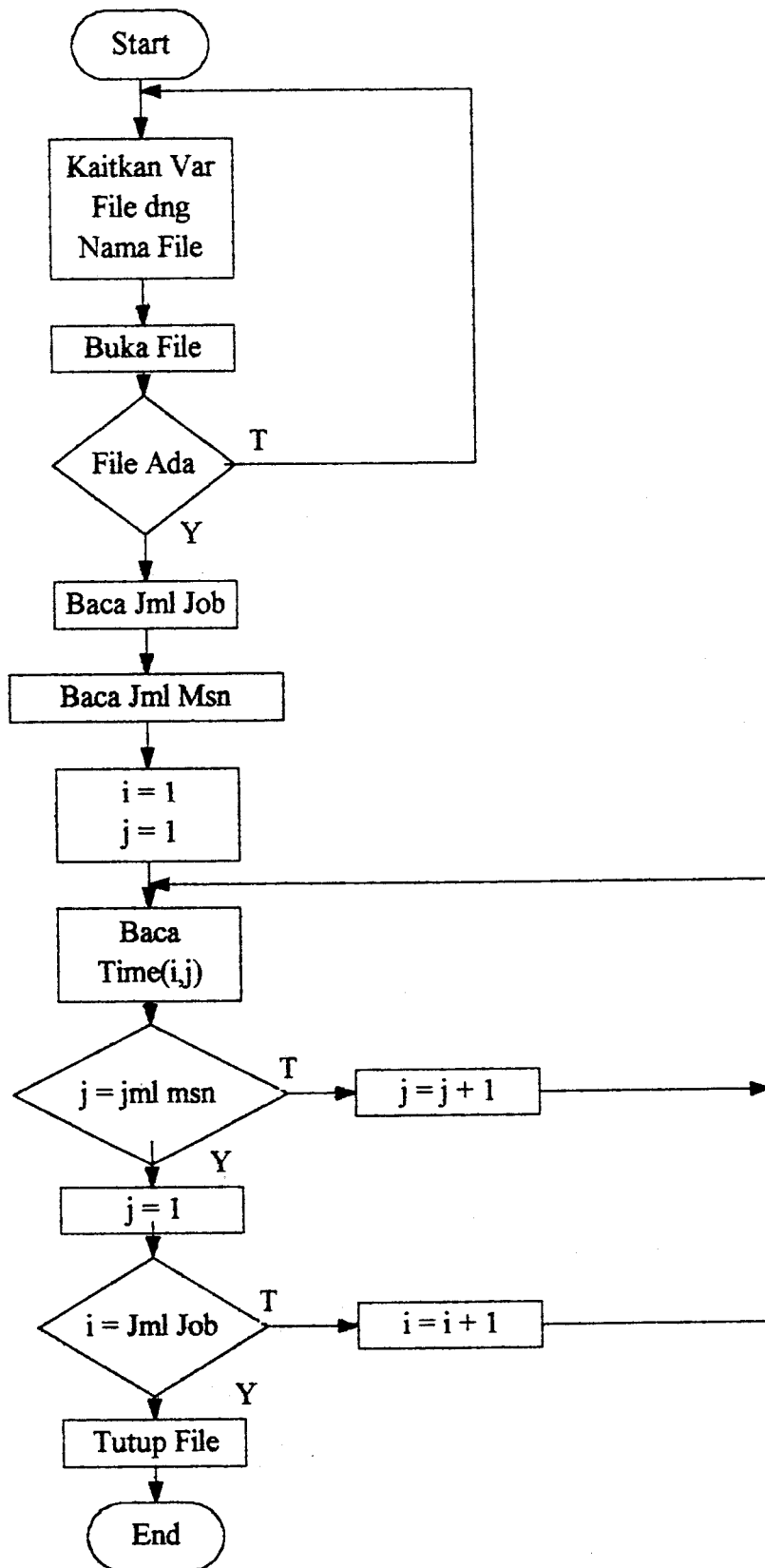
III. Flow Chart Bagian Program New Input Data



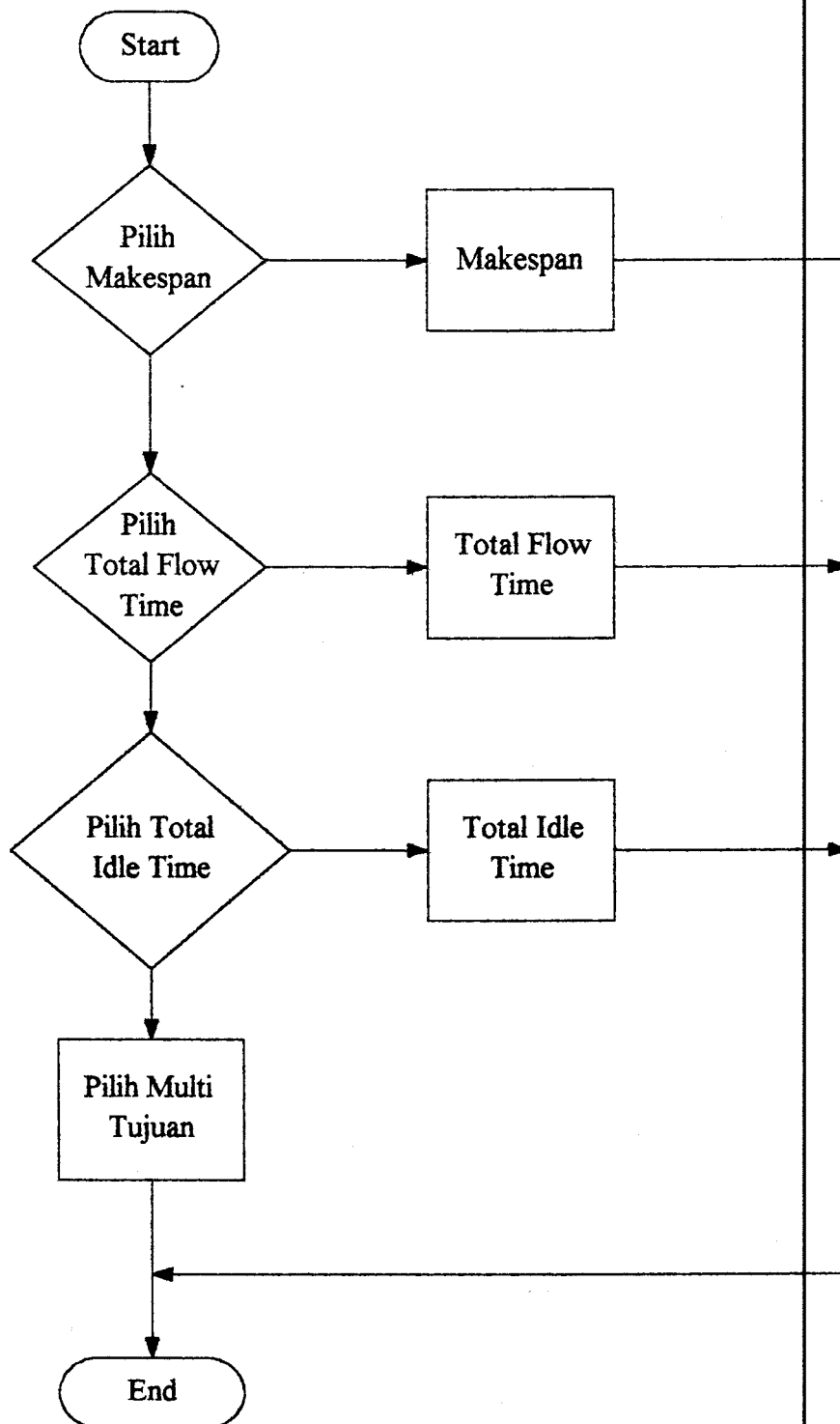
IV. Flow Chart Bagian Save Data



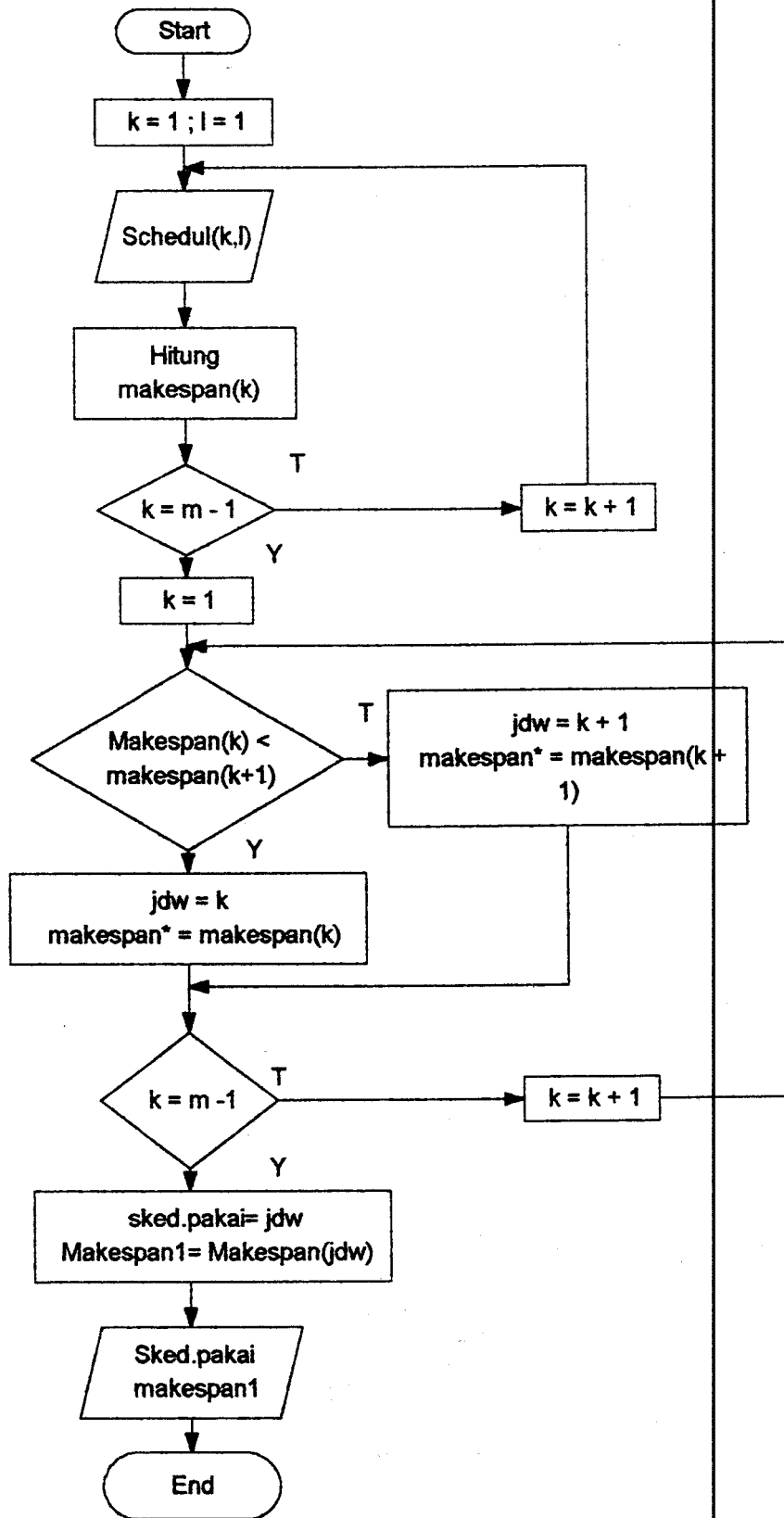
V. Flow Chart Bagian Load file



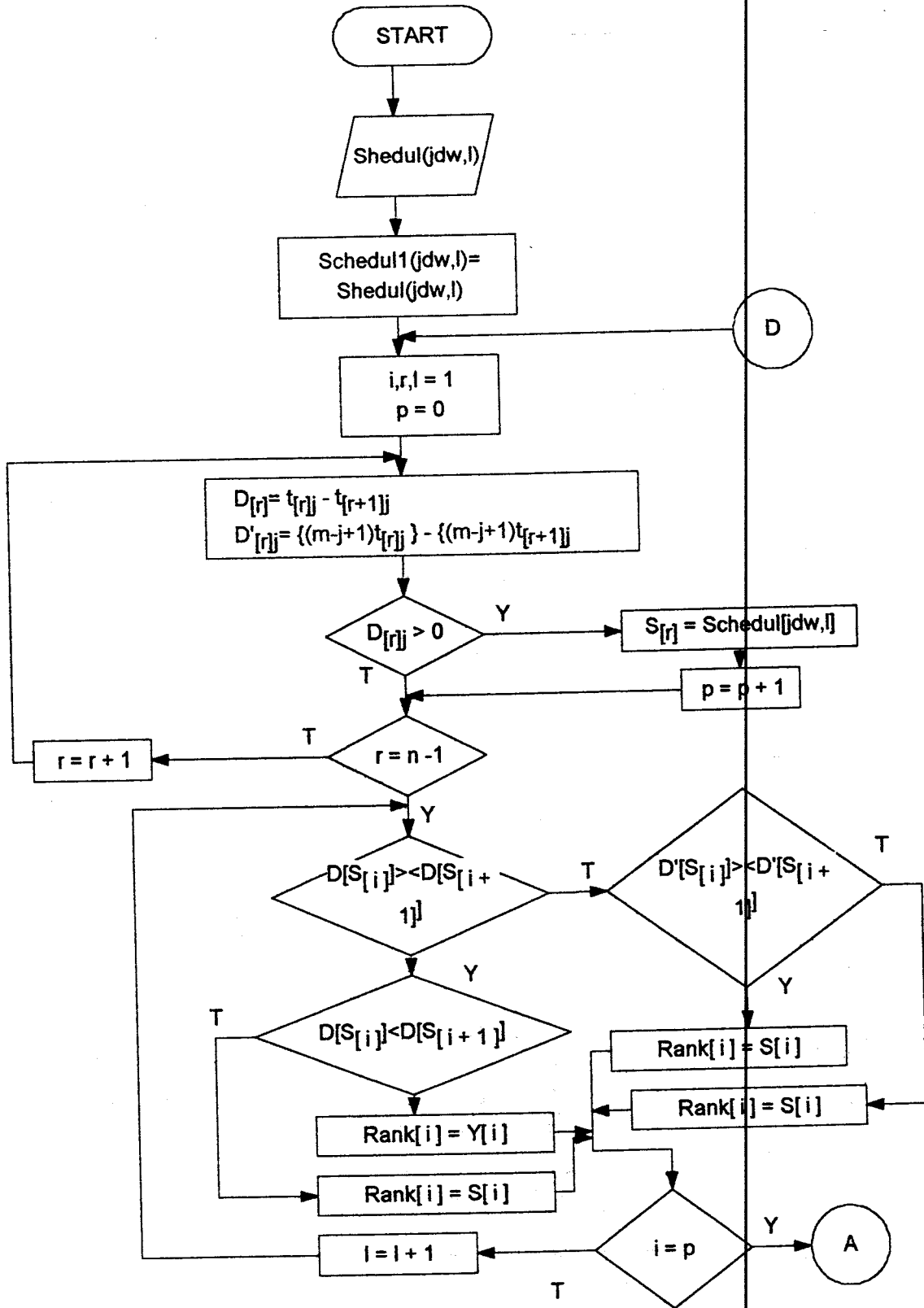
VI. Flow Chart Bagian Program Run

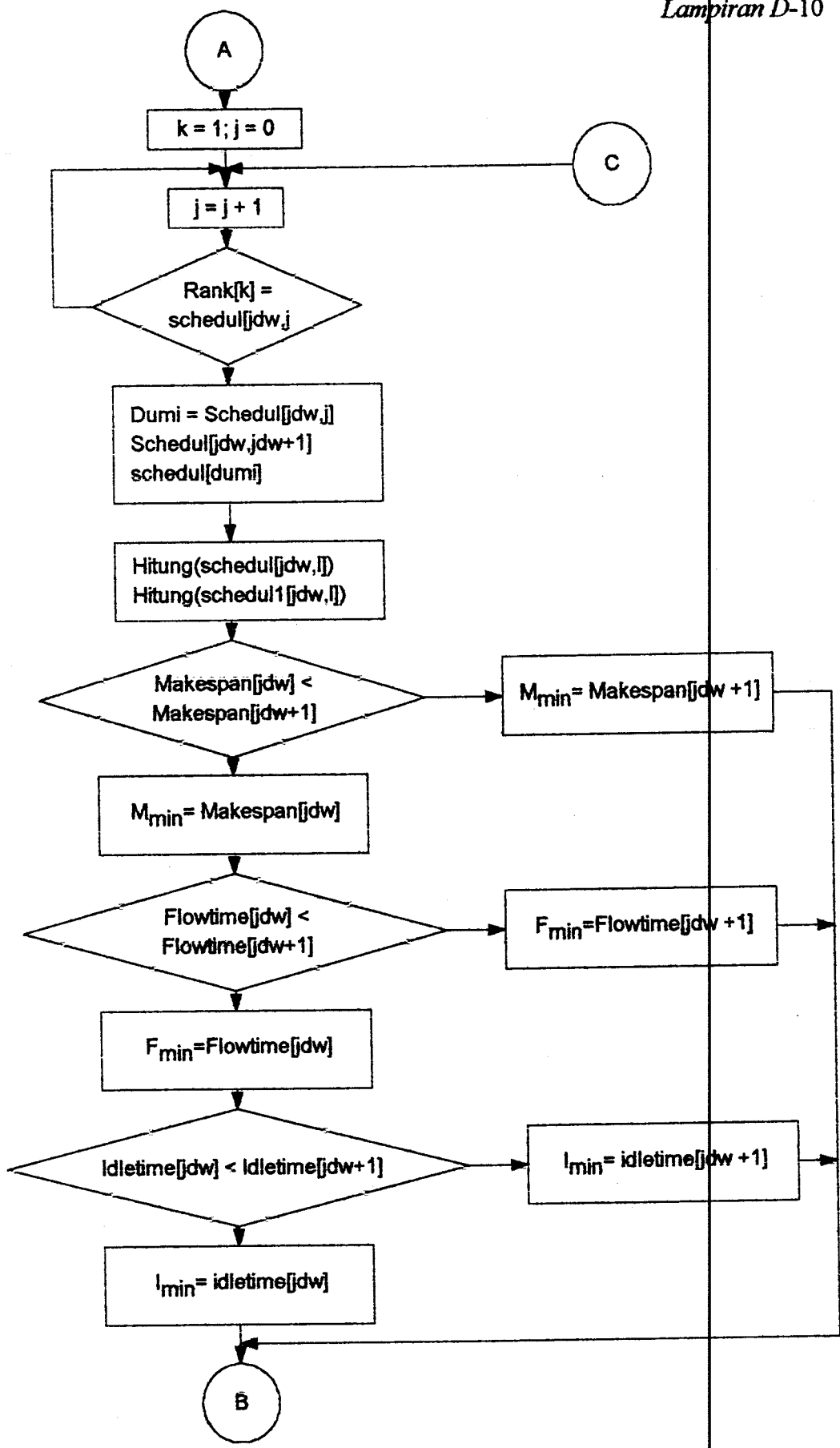


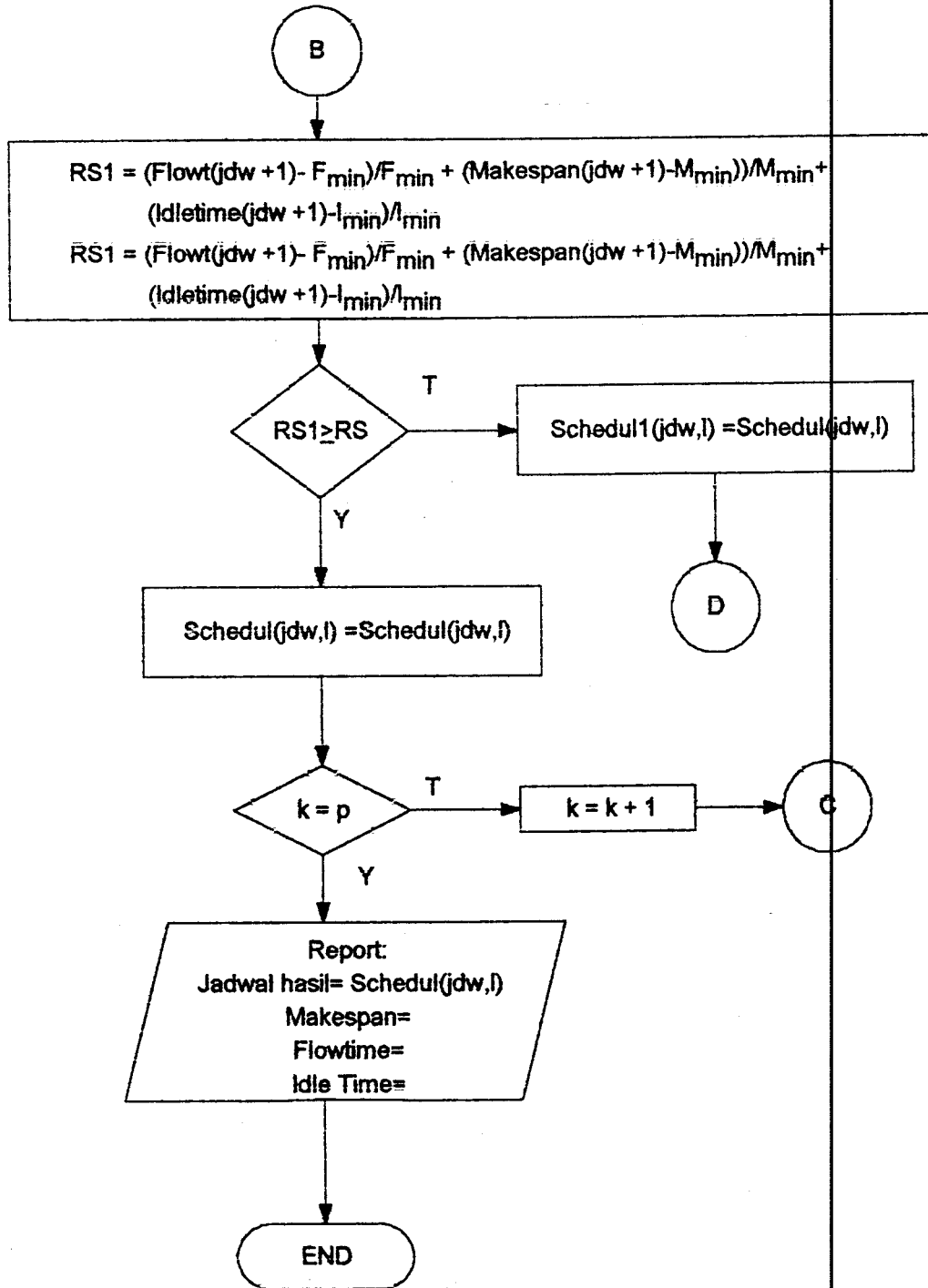
VIII. Sub Program CDS



IX. Sub Program Multi Kriteria







```

Program FlowShop;
uses Crt;
const
    Max = 10;
type
    TipeData = record
        JumJob : Byte;
        JumMesin : Byte;
        WktProses : array[1..Max, 1..Max] of Real;
    end;
var
    Data : TipeData;
    Berkas : file of TipeData;
    WktProses, Awl, Akr, AwlProses,
    AkrProses, SigmaTime1, SigmaTime2: array[1..Max, 1..Max] of Real;
    MakeSpan, d1, d2, SigmaTimeJob,
    SigmaTimeJobii : array[1..Max] of Real;
    Sked, SkedAlt : array[1..Max, 1..Max] of Byte;
    SkedAlt1 : array[1..Max] of Byte;
    Makespan1, TotFlow1, TotIdle1, RS,
    RS1, TotIdle, TotFlow, Waktu, Mmin,
    Fmin, Imin : Real;
    JmlMs, BtsMs, BtsJob, JmlJob,
    Urut, BtsJdw, Rank, TopRank,
    Jdw, Job, Job2, ms : Byte;

(*****
Procedure membuat bingkai
*****)
procedure Bingkai(X1, Y1, X2, Y2, A : Byte);
var
    i : Byte;
begin
    GotoXY(X1, Y1);
    Write(Chr(201));
    for i := X1 + 1 to X2 - 1 do Write(Chr(205));
    Write(Chr(187));
    GotoXY(X1, Y1);
    repeat
        GotoXY(X1, WhereY + 1); Write(Chr(186));
        GotoXY(X2, WhereY);
        Write(Chr(186))
    until WhereY = Y1 + A;
    GotoXY(X1, WhereY + 1);
    Write(Chr(204));
    for i := X1 + 1 to X2 - 1 do Write(Chr(205));
    Write(Chr(185));
    GotoXY(X1, WhereY);
    repeat

```

```

        GotoXY(X1, WhereY + 1); Write(Chr(186));
        GotoXY(X2, WhereY);
        Write(Chr(186))
    until WhereY = Y2 - 1;
    GotoXY(X1, Y2);
    Write(Chr(200));
    for i := X1 + 1 to X2 - 1 do Write(Chr(205));
    Write(Chr(188));
    GotoXY(X1, Y1)
end;
```

(*****

Procedure menulis string Strx, pada posisi x,y
dengan penundaan waktu selama Dly milisecond

(*****)

```

    procedure WriteDly(x, y : Byte; Strx : string; Dly : Byte);
    begin
        GotoXY(x, y);
        Write(Strx);
        Delay(Dly)
    end;
```

(*****

Procedure untuk menulis string Strx, pada posisi x,y

(*****)

```

    procedure WriteXY(x, y : Byte; Strx : string);
    begin
        GotoXY(x, y);
        Write(Strx)
    end;
```

(*****

Prosedure membuat logo penjadwalan flow shop

(*****)

```

    procedure Logo;
    const
        Str1 =
        Str2 =
        Str3 =
        Str4 =
        Str5 =
        Str6 =
        Str7 =
        Str8 =
        Dly = 25;
    var
        x, i : Byte;
    begin
        ClrScr;
```

```

Bingkai(2, 1, 79, 24, 18);
WriteXY(32, 4, 'SCHEDULING SYSTEM'); x := 11;
WriteDly(x, 7, Str1, Dly); WriteDly(x, 14, Str8, Dly); WriteDly(x, 8, Str2, Dly);
WriteDly(x, 13, Str7, Dly); WriteDly(x, 9, Str3, Dly); WriteDly(x, 12, Str6, Dly);
WriteDly(x, 10, Str4, Dly); WriteDly(x, 11, Str5, Dly);
WriteXY(29, 17, 'MULTI TUJUAN');
WriteXY(30, 21, 'Noer Rachman Efendie');
WriteXY(36, 22, '251100051');
WriteXY(31, 23, 'Teknik Industri ITS'); repeat until KeyPressed;
x := 25;
for i := 1 to 12 do
begin
  x := x - 2;
  GotoXY(2, i);
  Clreol;
  Delay(Dly);
  GotoXY(2, i + x);
  Clreol;
  Delay(Dly)
end
end;

```

```

(*****)
Procedure untuk memanggil file yang berisi
data-data berupa jumlah job, jumlah mesin
dan waktu proses tiap job pada tiap mesin
(*****)

```

```

procedure LoadFile;
var
  i, j, x, y      : Byte;
  NameLoad       : string;
  KodeSalah      : Byte;
  More           : Char;
begin
  repeat
    ClrScr;
    Write('Load File : '); Readln(NameLoad);
    {Hubungkan Ke File} Assign(Berkas, NameLoad);
    {Buka File}
    {$I-}
    Reset(Berkas);
    {$I+}
    KodeSalah := IOResult;
    if KodeSalah < 0 then
      begin
        Write(^G, 'File tidak ada ! '); More := ReadKey;
        if More = #27 then
          Exit
        end
      end
  end
end

```

```

until KodeSalah = 0;
{Baca File}
{ Input Jumlah Job Dan Jumlah Operasi Maksimum} Read(Berkas, Data);
JmlJob := Data.JumJob;
BtsJob := JmlJob;
JmlMs := Data.JumMesin;
BtsMs := JmlMs;
ClrScr;
Writeln('Jumlah Job : ', JmlJob); Writeln('Jumlah mesin : ', JmlMs);
Writeln('Hasil pemasukan data adalah sebagai berikut: '); Write('JOB i');
x := 5 + (7 * JmlMs - 10) div 2;
y := WhereY;
WriteXY(x, y, 'PADA MESIN KE-j');
Writeln;
Write(' ');
for j := 1 to JmlMs do
    Write(j:7);
Writeln;
for i := 1 to JmlJob do
begin
    Write(' ', i:2, ' ');
    for j := 1 to JmlMs do
begin
    WktProses[i, j] := Data.WktProses[i, j]; Write(WktProses[i, j]:7:2)
end;
Writeln
end;
end;
More := ReadKey;
If More = #27 Then
    Exit
end;

```

```

(*****
Procedure menyimpan data-data berupa jumlah job,
jumlah mesin dan waktu proses tiap job pada tiap
mesin ke dalam file
*****)

```

```

procedure SaveFile;
var
    SudahAda      : Boolean;
    Jawab         : Char;
    NameSave      : string;
    i, j          : Byte;
begin
    Write('Data disimpan <Y/T> ?');
    repeat
        Jawab := UpCase(ReadKey);
        if not(Jawab in ['Y', 'T']) then Write('^G')
    until Jawab in ['Y', 'T'];

```

```

if Jawab = 'Y' then
begin
  repeat
    ClrScr;
    Write('Save File : '); Readln(NameSave);
    {Chek Sudah ada File apa belum} Assign(Berkas, NameSave); {$I-}
  Reset(Berkas);
  {$I+}
  SudahAda := (IOResult = 0); if SudahAda then
  begin
    Write(^G, 'File sudah pernah ada, tumpangi <Y/T> ?');
    repeat
      Jawab := UpCase(ReadKey);
      if not(Jawab in ['Y', 'T']) then
        Write(Chr(7));
        if Jawab = #27 then
          Exit
    until Jawab in ['Y', 'T']
  end
  until not(SudahAda) or (Jawab = 'Y');
  Rewrite(Berkas);
  Data.JumJob := JmlJob;
  Data.JumMesin := JmlMs;
  for i:= 1 to JmlJob do
    for j := 1 to JmlMs do
      Data.WktProses[i, j] := WktProses[i, j]; Write(Berkas, Data);
    Close(Berkas)
  end
else
  Exit
end;

```

(*****
 Procedure mengambil input data berupa jumlah mesin,
 jumlah job dan waktu proses tiap job pada tiap mesin.
 Data dapat diperoleh melalui masukan dari pengguna,
 atau melalui file data yang ada.
 *****)

```

procedure InputDataBaru;
var
  i, j, x, y : Byte;
  tanya      : Byte;
  tanya1     : Char;
begin
  WriteXY(1, 4, 'MASUKKAN PILIHAN ANDA (1/2) :');
  WriteXY(6, 6, '1. New data');
  WriteXY(6, 7, '2. Load data');
  repeat
    tanya := Ord(ReadKey) - 48
  
```

```

until tanya in [1, 2];
case tanya of
  1 : begin
    Writeln;
    Writeln;
    Write('Data di generate computer (Y/T) : '); repeat
    tanya1 := UpCase(ReadKey)
    until tanya1 in ['Y', 'T']; if (tanya1 = 'Y') then
    begin
    ClrScr;
    Randomize;
    repeat
    GotoXY(1, 1); ClrEol;
    Write('Jumlah job [1..', Max, ' ] : ');
    Readln(JmlJob)
    until JmlJob in [1..Max];
    repeat
    GotoXY(1, 2);
    ClrEol;
    Write('Jumlah mesin [2..', Max, ' ] : ');
    Readln(JmlMs)
    until JmlMs in [2..Max];
    Writeln;
    Writeln('Matrik waktu proses dari semua job yang ada pada setiap mesin: ');
    Write('JOB i');
    x := 5 + (7 * JmlMs - 10) div 2;
    y := WhereY;
    WriteXY(x, y, 'PADA MESIN KE-j');
    Writeln;
    Write(' ');
    BtsJob:= JmlJob;
    BtsMs := JmlMs;
    for j := 1 to JmlMs do
    Write(j:7);
    Writeln;
    for i := 1 to JmlJob do
    begin
    Write(' ', i:2, ' ');
    for j := 1 to JmlMs do
    begin
    WktProses[i,j] := random(25); Write(WktProses[i, j]:7:2)
    end;
    Writeln
    end;
    Readln
    end
  else
  begin
    repeat

```

```

ClrScr;
Writeln;
repeat
    GotoXY(1, 1);
    ClrEol;
    Write('Jumlah job [1..', Max, ']: ');
    Readln(JmlJob)
until JmlJob in [1..Max];
repeat
    GotoXY(1, 2);
    ClrEol;
    Write('Jumlah mesin [2..', Max, ']: ');
    Readln(JmlMs)
until JmlMs in [2..Max];
Writeln;
Writeln('Matrik waktu proses dari semua job yang ada pada setiap mesin: ');
BtsJob:= JmlJob;
BtsMs := JmlMs;
for i:= 1 to JmlJob do
    for j := 1 to JmlMs do
        begin
            Write(' Waktu proses job ke-',i,' pada mesin ke-',j,'= ');
            Readln(WktProses[i,j])
        end;
    {Menampilkan Matrik Waktu Proses}
x := WhereX;
y := WhereY;
repeat
    GotoXY(x, y);
    ClrEol;
    Write('Perbaiki data (Y/T)'); tanya1 := UpCase(ReadKey)
until tanya1 in ['Y', 'T'] until tanya1 = 'T';
Writeln;
Writeln('Hasil pemasukan data adalah sebagai berikut: '); Write('JOB
i');
x := 5 + (7 * JmlMs - 10) div 2;
y := WhereY;
WriteXY(x, y, 'PADA MESIN KE-j');
Writeln;
Write(' ');
for j := 1 to JmlMs do
    Write(j:7);
Writeln;
for i := 1 to JmlJob do
begin
    Write(' ', i:2, ' ');
    for j := 1 to JmlMs do Write(WktProses[i,j]:7:2);
    Writeln
end
end

```



```

end;
SaveFile
end;
2 : LoadFile
end
end;

(*****
Procedure menampilkan hasil perhitungan,
baik melalui monitor maupun printer
*****)
procedure Report;
var
  i, j, x, y : Byte;
  tekan      : Char;
  Lst        : Text;
begin
  ClrScr;
  Writeln('Hasil ditampilkan di (1/2) :'); Writeln;
  Writeln(' 1. Monitor');
  Writeln(' 2. Printer');
  repeat
    tekan := ReadKey
  until tekan in ['1', '2'];
  if tekan = '1' then
  begin
    ClrScr;
    Writeln;
    Write(' SEQUENCE      : '); for i:= 1 to JmlJob do
      Write(SkedAlt[1, i]:3);
    Writeln;
    Writeln(' Makespan      : ', MakeSpan[1]:6:2); Writeln(' Total Flow Time : ', TotFlow:6:2);
    Writeln(' Total Idle Time : ', TotIdle:6:2);
    Writeln(' Berikut adalah waktu proses tiap job di tiap mesin:'); x := 10; y := 1;
    Bingkai(2, 1, 79, 24, 5);
    Window(3, 8, 78, 23);
    for i := 1 to JmlJob do
      for j := 1 to BtsMs do
        begin
          GotoXY(X, Y);
          Write('W ', i:2, j:3, ' pada saat t = ', Awl[i,j]:6:2); Writeln(' F ', i:2, j:3, ' pada saat t = ',
            Akr[i,j]:6:2); y := y + 1;
          if y = 15 then
            begin
              Writeln;
              Write('ENTER ...');
              Readln;
              ClrScr;
              y := 1;
            end
          end
        end
      end
    end
  end
end

```

```

                X := 10
            end
        end;
    Window(1, 1, 80, 25)
end
else
begin
    Assign(Lst, 'LPT1');
    Rewrite(Lst);
    Writeln(Lst, 'Jumlah job  : ', JmlJob); Writeln(Lst, 'Jumlah mesin : ', JmlMs); Writeln(Lst);
    Writeln(Lst, 'Matriks waktu proses dari semua job yang ada pada tiap mesin');
    Writeln(Lst);
    Writeln(Lst, 'JOB i          PADA MESIN KE-j');
    Write(Lst, ' ');
    for j := 1 to JmlMs do
        Write(Lst, j:7);
    Writeln(Lst);
    for i := 1 to JmlJob do
    begin
        Write(Lst, ' ', i:2, ' ');
        for j := 1 to JmlMs do
            Write(Lst, WktProses[i,j]:7:2); Writeln(Lst)
        end;
    Writeln(Lst);
    Writeln(Lst);
    Write(Lst, 'SEQUENCE      ');
        for i:= 1 to JmlJob do
            Write(Lst, SkedAlt[1, i]:3);
            Writeln(Lst);
            Writeln(Lst);
            Writeln(Lst, 'Makespan      : ', MakeSpan[1]:6:2); Writeln(Lst, 'Total Flow Time : ',
            TotFlow:6:2); Writeln(Lst, 'Total Idle Time : ', TotIdle:6:2); Writeln(Lst);
            Writeln(Lst, 'Waktu proses tiap job di tiap mesin:'); Writeln(Lst);
            for i := 1 to JmlJob do
                for j := 1 to BtsMs do
                begin
                    Write(Lst, 'W ', i:2, j:3, ' pada saat t = ', Awl[i,j]:6:2);
                    Writeln(Lst, ' F ', i:2, j:3, ' pada saat t = ', Akr[i,j]:6:2);
                end;
            Close(Lst)
        end
    end;
end;

```

```

(*****
Procedure menghitung sigma waktu proses job
ke-i pada n mesin pertama dan m mesin terakhir
*****)
    procedure Sigma1;
    begin

```

```

BtsJdw := BtsMs - 1;
for jdw := 1 to BtsJdw do
  for job := 1 to BtsJob do
    begin
      for ms := 1 to jdw do
        SigmaTime1[jdw, job] := SigmaTime1[jdw, job] + WktProses[job, ms];
      for ms := BtsMs downto BtsMs - jdw + 1 do
        SigmaTime2[jdw, job] := SigmaTime2[jdw, job] + WktProses[job, ms] end
    end;
  end;

```

```

(*****
Procedure penyusunan alternatif jadwal yang ada
*****
)

```

```

procedure Alokasi;
var
  urut1, urut2                : array[1..Max] of Byte;
  dummy, kecil1, kecil2, z,
  i, j, k, Poskanan, Poskiri  : Byte;
begin
  for z:= 1 to BtsJdw do
    begin
      for i := 1 to JmlJob do
        begin
          urut1[i] := i;
          urut2[i] := i
        end;
        for i := 1 to JmlJob-1 do
          begin
            kecil1 := i;
            kecil2 := i;
            for j:= i+1 to JmlJob do
              begin
                if SigmaTime1[z, urut1[kecil1]] > SigmaTime1[z, urut1[j]] then kecil1 := j;
                if SigmaTime2[z, urut2[kecil2]] > SigmaTime2[z, urut2[j]] then kecil2 := j
              end;
            dummy := urut1[i];
            urut1[i] := urut1[kecil1];
            urut1[kecil1] := dummy; dummy := urut2[i]; urut2[i] := urut2[kecil2];
            urut2[kecil2] := dummy
          end;
        Poskiri :=1;
        Poskanan := JmlJob;
        for i:= 1 to JmlJob - 1 do
          if SigmaTime1[z, urut1[1]] <= SigmaTime2[z, urut2[1]] then begin
            Sked[Z, Poskiri] := urut1[1];
            j := 0;
            repeat
              Inc(j)
            until urut2[j] = urut1[1]; for k := j to JmlJob - 1 do

```

```

       urut2[k] :=urut2[k + 1];
    for k := 1 to JmlJob - 1 do urut1[k]:= urut1[k + 1];
        Inc(Poskiri)
    end
    else
    begin
        Sked[z, Poskanan] := urut2[1]; j := 0;
        repeat
            Inc(j)
            until urut1[j] = urut2[1]; for K := j to JmlJob - 1 do
                urut1[k] := urut1[k + 1];
            for k :=1 to JmlJob - 1 do urut2[k]:= urut2[k+1];
                Dec(Poskanan)
            end;
            Sked[z, Poskiri] := urut1[1]; Sked[z, Poskanan] := urut2[1]
        end
    end;
end;

```

(*****
 Procedure untuk menghitung performansi dari masing-masing
 jadwal yang dibentuk berdasar Algoritma Johnson.
 *****)

```

    procedure Hitung;
    begin
        for jdw := 1 to BtsJdw do
            begin
                Waktu := 0;
                for Ms := 1 to JmlMs do (* Perhitungan MakeSpan *) begin
                    for Urut := 1 to JmlJob do
                        begin
                            Job := Sked[jdw, Urut];
                            Job2 := Sked[jdw, Urut + 1];
                            AwlProses[Job, Ms] := Waktu;
                            Waktu := Waktu + WktProses[Job, Ms];
                            AkrProses[Job, Ms] := Waktu;
                            if (Ms > 1) and (Urut < JmlJob) then
                                if AkrProses[Job, Ms] < AkrProses[Job2, Ms - 1] then Waktu :=
                                    AkrProses[Job2, Ms - 1]
                            end;
                            if Ms < JmlMs then
                                Waktu := AkrProses[Sked[jdw, 1], Ms]
                            end;
                            MakeSpan[jdw] := Waktu
                        end
                    end
                end
            end
        end;
    end;
end;

```

```

(*****
Procedure untuk mencari jadwal dengan makespan
minimum, yang dihasilkan oleh procedure Hitung
*****)
  procedure UjiMakeSpan1;
  var
    Cilik : Byte;
  begin
    Cilik := 1;
    for jdw := 2 to BtsJdw do
      if MakeSpan[Cilik] > MakeSpan[jdw] then Cilik := jdw;
    MakeSpan[1] := MakeSpan[Cilik];
    Sked[1] := Sked[Cilik]
  end;

(*****
Procedure untuk menukarkan job pada urutan ke-r dengan
job pada urutan ke-r+1 pada jadwal ke-r, dan menghasilkan
jadwal alternatif sebanyak Jumlah Job - 1
*****)
  procedure CobaTukar;
  var
    lama, baru, hub : Byte;
  begin
    SkedAlt[1] := Sked[1];
    for jdw := 2 to BtsJob do
      begin
        lama := jdw - 1;
        baru := jdw;
        hub := Sked[1, lama];
        Sked[1, lama] := Sked[1, baru]; Sked[1, baru] := hub; SkedAlt[jdw] := Sked[1];
        Sked[1] := SkedAlt[1]
      end
    end;

(*****
Procedure untuk menghitung makespan dari jadwal alternatif
*****)
  procedure Htgmksp;
  var
    jdwalt : Byte;
  begin
    for jdwalt := 1 to JmlJob do
      begin
        Waktu := 0;
        for Ms := 1 to JmlMs do
          begin
            for Urut := 1 to JmlJob do
              begin

```

```

        Job := SkedAlt[jdwalt, Urut];
        Job2 := SkedAlt[jdwalt, Urut + 1];
        AwlProses[Job, Ms] := Waktu;
        Waktu := Waktu + WktProses[Job, Ms];
        AkrProses[Job, Ms] := Waktu;
        if (Ms > 1) and (Urut < JmlJob) then
            if AkrProses[Job, Ms] < AkrProses[Job2, Ms - 1] then Waktu :=
                AkrProses[Job2, Ms - 1]
        end;
        if Ms < JmlMs then
            Waktu := AkrProses[SkedAlt[jdwalt, 1], Ms]
        end;
        Makespan[jdwalt] := Waktu
    end
end;

```

(*****
 Procedure untuk mencari jadwal alternatif
 yang memiliki makespan minimum
 *****)

```

    procedure UjiMakeSpan2;
    var
        Cilik : Byte;
    begin
        Cilik := 1;
        for job := 2 to JmlJob do
            if Makespan[Cilik] > Makespan[job] then Cilik := job;
            Makespan[1] := Makespan[Cilik]; SkedAlt[1] := SkedAlt[Cilik]
        end;
    end;

```

(*****
 Procedure menghitung waktu suatu job
 mulai dikerjakan dan waktu job tersebut
 selesai dikerjakan pada suatu mesin
 *****)

```

    procedure HitungWktAwlAkr;
    begin
        Waktu := 0;
        for Ms := 1 to JmlMs do
            begin
                for Urut := 1 to JmlJob do
                    begin
                        Job := SkedAlt[1, Urut]; Job2 := SkedAlt[1, Urut + 1]; Awl[Job, Ms] := Waktu;
                        Waktu := Waktu + WktProses[Job, Ms];
                        Akr[Job, Ms] := Waktu;
                        if (Ms > 1) and (Urut < JmlJob) then
                            if Akr[Job, Ms] < Akr[Job2, Ms - 1] then
                                Waktu := Akr[Job2, Ms - 1]
                            end;
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;

```

```

        if Ms < JmlMs then
            Waktu := Akr[SkedAlt[1, 1], Ms]
        end;
    for Job := 1 to JmlJob do    (* Perhitungan total Flowtime *) TotFlow := TotFlow +
        Akr[Job, BtsMs];
    for Ms := 2 to JmlMs do    (* Perhitungan total idle time *) for Urut := 1 to JmlJob do
        begin
            Job := SkedAlt[1, Urut];
            Job2 := SkedAlt[1, Urut - 1];
            if Urut = 1 then
                TotIdle := TotIdle + Awl[Job, Ms]
            else
                TotIdle := TotIdle + Awl[Job, Ms] - Akr[Job2, Ms]
            end
        end
    end;
end;

(*****
Procedure menghitung total waktu proses job
*****)
procedure HitungTimeJob;
begin
    for job := 1 to JmlJob do
        for ms := 1 to JmlMs do
            begin
                SigmaTimeJob[job] := SigmaTimeJob[job] + WktProses[job, ms];
                SigmaTimeJobii[job] := SigmaTimeJobii[job] + (JmlMs - ms - 1) * WktProses[job, ms]
            end
        end
    end;
end;

(*****
Procedure menghitung nilai D[r] dan D'[r]
*****)
procedure HitungD;
begin
    for urut := 1 to BtsJob - 1 do
        begin
            d1[urut] := SigmaTimeJob[SkedAlt[1, urut]] - SigmaTimeJob[SkedAlt[1, urut + 1]];
            d2[urut] := SigmaTimeJobii[SkedAlt[1, urut]] - SigmaTimeJobii[SkedAlt[1, urut + 1]]
        end
    end;
end;

(*****
Procedure menyusun job yang memiliki nilai D[r] >= 0 ke dalam list, dengan urutan job yang
memiliki nilai D[r] tertinggi diletakkan di depan list. Jika terjadi kesamaan nilai D[r], urutan disusun
berdasarkan nilai D'[r] yang tinggi. Jika tidak terdapat job yang memiliki nilai D[r] >= 0 maka
perhitungan selesai.
*****)
procedure ListJob;
var

```

```

daftar, index : array[1..Max] of Byte;
i, j, x, y, dummy : Byte;
begin
  Rank := 0;
  for urut := 1 to BtsJob-1 do (* Seleksi job dengan D[r] >= 0 *)
    if d1[urut] >= 0 then
      begin
        Rank := Rank + 1;
        daftar[Rank] := SkedAlt[1, urut];
        index[Rank] := urut
      end;
    for i := 1 to Rank - 1 do (* Mengurutkan job berdasarkan D[r] *) for j := i + 1 to Rank
      do
        begin
          x := index[i];
          y := index[j];
          if (d1[x] < d1[y]) or ((d1[x] = d1[y]) and (d2[x] < d2[y])) then begin
            dummy := daftar[i];
            daftar[i] := daftar[j];
            daftar[j] := dummy;
            index[i] := y;
            index[j] := x
          end
        end;
      if Rank = 0 then (* Tidak terdapat job dengan nilai D[r] >= 0 *)
        Exit;
      TopRank := daftar[1]
    end;

```

(*****)
 Procedure menukar job dengan D[r] tertinggi dengan job berikutnya pada jadwal alternatif
 (*****)

```

procedure TukarD;
var
  dumi, dum : Byte;
begin
  for urut := 1 to JmlJob do SkedAlt1[urut] := SkedAlt[1, urut];
  dum := 0;
  repeat
    dum := dum + 1
  until SkedAlt1[dum] = TopRank;
  dumi := SkedAlt1[dum]; SkedAlt1[dum] := SkedAlt1[dum + 1]; SkedAlt1[dum + 1] :=
  dumi;
end;

```



```

(*****)
Procedure menghitung makespan, flowtime dan idletime dari jadwal yang
dihasilkan oleh procedure Tukar_D
(*****)
procedure Kriteria;
begin
  Waktu := 0;
  for Ms := 1 to JmlMs do          (* Hitung makespan dari S' *)
  begin
    for Urut := 1 to JmlJob do
    begin
      Job := SkedAlt1[Urut];
      Job2 := SkedAlt1[Urut + 1];
      AwlProses[Job, Ms] := Waktu;
      Waktu := Waktu + WktProses[Job, Ms];
      AkrProses[Job, Ms] := Waktu;
      if (Ms > 1) and (Urut < JmlJob) then
        if AkrProses[Job, Ms] < AkrProses[Job2, Ms - 1] then Waktu :=
          AkrProses[Job2, Ms - 1]
      end;
      if Ms < JmlMs then
        Waktu := AkrProses[SkedAlt1[1], Ms]
      end;
      Makespan1 := Waktu;
      TotFlow1 := 0;          (* Hitung flowtime dari S' *)
      for job :=1 to JmlJob do
        TotFlow1 := TotFlow1 + AkrProses[Job,BtsMs];
      TotIdle1 := 0;          (* Hitung idletime dari S' *)
      for Ms := 2 to JmlMs do
        for Urut := 1 to JmlJob do
        begin
          Job := SkedAlt1[Urut];
          Job2 := SkedAlt1[Urut-1];
          if Urut = 1 then
            TotIdle1 := TotIdle1 + AwlProses[Job,Ms]
          else
            TotIdle1 := TotIdle1 + AwlProses[Job, Ms] - AkrProses[Job2, Ms] end
        end;
      end;

```

```

(*****)
Procedure menghitung penambahan relatif makespan,flowtime
dan idletime mesin dari S' dan S. Jika  $RS' < RS$ , maka  $S = S'$ ,
 $M = M'$ ,  $F = F'$ ,  $I = I'$ . Selain itu jadwal terakhir menjadi solusi
(*****)

```

```

procedure BandingAkr;
begin
  if Makespan[1] <= Makespan1 then
    Mmin := Makespan[1]
  else
    Mmin := Makespan1;

```

```

if TotFlow <= TotFlow1 then
    Fmin := TotFlow
else
    Fmin := TotFlow1;
if TotIdle <= TotIdle1 then
    Imin := TotIdle
else
    Imin := TotIdle1;
RS1 := (Makespan1 - Mmin)/Mmin + (TotFlow1-Fmin)/Fmin + (TotIdle1-Imin)/Imin;
RS := (MakeSpan[1] - Mmin)/Mmin + (TotFlow-Fmin)/Fmin + (TotIdle-Imin)/Imin;
if RS1 < RS then
begin
    for urut := 1 to BtsJob do
        SkedAlt[1, urut] := SkedAlt1[urut];
    Awl := AwlProses;
    Akr := AkrProses;
    Makespan[1] := Makespan1;
    TotFlow := TotFlow1;
    TotIdle := TotIdle1
    end
end;

{PROGRAM UTAMA}
begin
    Logo;
    InputDataBaru;
    Sigma1;
    Alokasi;
    Hitung;
    UjiMakeSpan1;
    CobaTukar;
    Htgmksp;
    UjiMakeSpan2;
    HitungWktAwlAkr;
    HitungTimeJob;
repeat
    HitungD; (* Perulangan berlangsung sampai list job *)
    (* berdasarkan D[r] kosong, atau RS' >= RS *) ListJob;
    if Rank <> 0 then
    begin
        TukarD;
        Kriteria;
        BandingAkr
    end
until (Rank = 0) or (RS1 >= RS);
Report;Repeat until KeyPressed;
ClrScr;
end.

```