

TUGAS AKHIR
(NA 1701)

ANALISA LINE BALANCING
DENGAN METODE ATURAN LARGEST-CANDIDATE
PADA PROSES PRODUKSI DI SBP 30.000

PT. PAL INDONESIA Rp. 35.000 -

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	18-8-2000
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21.1881



Oleh :

WIDIANTORO HERISANTOSO

4195 100 016

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2000



RSpe
658.5
Her
a-1

2000

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA LINE BALANCING
DENGAN METODE ATURAN LARGEST-CANDIDATE
PADA PROSES PRODUKSI DI SBP 30.000
PT. PAL INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui :
Dosen Pembimbing



Handwritten signature of Ir. Heri Supomo, MSc.

Ir. Heri Supomo, MSc.
NIP. 131 842 506



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5047254, 5094251-5 Fax. 5047254

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR

No. 1 72a / K03.L2/PP/2000

Nama Mahasiswa : Widiantoro Herisantoso
Nomor Pokok : 4195100016
Tanggal diberi tugas : 01 Pebruari 2000
Tanggal selesai tugas : 31 Juli 2000
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Andjar Suharto
2. Ir. Heri Supomo, MSc

Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

*#ANALISA LINE BALANCING DENGAN METODE ATURAN LARGEST-CANDIDATE PADA
PROSES PRODUKSI DI SBP 30.000 P.T. PAL INDONESIA#*

Surabaya, 28 Pebruari 2000



Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS
2. Yth. Dosen Pembimbing
3. Arsip



FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

Nama mahasiswa : WIDIANTORO H
N.R.P. : 4195 100 016
Tugas diberikan : Semester Genap 1999 . / 19 2000
Tanggal mulai tugas : MARET 2000
Tanggal selesai tugas :
Dosen Pembimbing : 1. Ir. HERI SUPOMO , MSC
2. Ir. ANDJAR SUHARTO

Tanggal	Uraian Kemajuan Tugas	Tanda Tangan
6-04-00	BAB II	
27-04-00	BAB III	
16-05-00	Revisi Bab III	
24-06-00	Tambahan Bab III	
29-06-00	Revisi BAB IV	
06-07-00	Diskusi proses simulasi	
11-07-00	Diskusi analisa perhitungan	
14-07-00	Validasi	

Tanggal	Uraian Kemajuan Tugas	Tanda Tangan
17-07-00	Penyelesaian Program Simulasi & Demo	
20-07-00	Diskusi Bab V	
27-07-00	Penyerahan Laporan TA Final	
28-07-00	Revisi dan Persiapan Sidang	

- Catatan :**
1. Formulir ini harus dibawa pada saat konsultasi
 2. Konsultasi dilaksanakan minimal seminggu sekali.
 3. Formulir ini harus dikumpulkan kembali pada saat mengumpulkan laporan tugas akhir.

Surabaya, 28-07-2000
 Dosen Pembimbing,

 Ir. HERI SUPOMO, MSc
 NIP. 131 842 506

*Kupersembahkan Untuk
Mama dan Papa
Tercinta*

ABSTRAK

Dalam persaingan industri perkapalan di era global saat ini, PT. PAL INDONESIA sebagai galangan terbesar dan termmodern di Indonesia berpotensi paling kuat sebagai ujung tombak dalam pembangunan kapal-kapal baru, repair, dan maintenance. Dengan fasilitas-fasilitas seperti building berth berkapasitas hingga 30.000 DWT, tak diragukan lagi bahwa PT. PAL adalah aset nasional yang cukup strategis.

Untuk mengemban tugas ini, diharapkan PT. PAL akan selalu berupaya meningkatkan produktivitasnya dalam setiap melakukan kegiatan produksi. Cara yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kegiatan produksi adalah dengan memperlancar aliran proses produksi serta menghilangkan praktek-praktek yang tidak produktif. Pada galangan, hal tersebut dapat dikaitkan dengan tata letak galangan, laju kerja produksi, pembagian beban secara merata pada tiap stasiun kerja, utilitas, serta faktor-faktor lainnya. Hambatan pada salah satu faktor atau pada tahap proses produksi dapat menyebabkan permasalahan keseimbangan lintasan. Bila permasalahan tersebut terjadi maka aliran produksi tidak dapat berjalan dengan lancar dan timbul kegiatan-kegiatan yang tidak produktif. Untuk itu maka, diperlukan analisa serta evaluasi pada proses produksi di galangan khususnya di Ship Building Plant 30.000 DWT.

Metode yang digunakan adalah metode aturan Largest Candidate yang diaplikasikan pada suatu model simulasi dengan bantuan *software* Simple++. Pada metode ini, setiap elemen kerja dalam proses produksi dikelompokkan menjadi suatu stasiun kerja yang terdiri dari sejumlah peralatan dengan beberapa prosedur kerja yang saling terkait. Kemudian dibuat suatu model simulasi yang menerima masukan data berupa distribusi beban dan waktu pengerjaan baku tiap stasiun kerja.

Setelah proses simulasi dijalankan maka akan diperoleh data hasil simulasi yang digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan lintasan pada proses produksi. Selanjutnya dapat dicari alternatif-alternatif masukan data lain yang dapat memberikan hasil yang lebih optimal. Jadi model simulasi yang dibuat dengan bantuan *software* Simple++ ini akan dapat membantu pengambilan keputusan di SBP 30.000 khususnya bengkel Fabrikasi Lambung PT. PAL INDONESIA untuk meningkatkan produktifitasnya.

ABSTRACT

In the competition of shipbuilding industry in the global era, PT. PAL INDONESIA as the biggest and the most modern shipyard in Indonesia is capable to become front line in new building ships, repair and maintenance. With facilities such as building berth which has the capacity up to 30.000 DWT, there is no doubt that PT. PAL INDONESIA is a sufficiently strategic national asset.

To do this task, PT. PAL INDONESIA should always try to increase its productivity in carrying out every production activity. Optimum production activity could be achieved by smoothing the flow of production process and eliminating unproductive activities. In connection with shipyard, these activities concern the lay out of the dock, utility, and other factors. Any hindrance in one of these factors or in the stage of production process will cause the problem of line balancing. If this problem occurs, the flow of production could not run smoothly and unproductive activities will arise. Therefore there is a need of analysis and evaluation of the production process in the shipyard especially in Ship Building Plant 30.000 DWT.

The method used is the Largest Candidate Rule method applied to a simulation model with the aid of software Simple++. In this method, each working element in the production process is grouped into a working station consisting of a number of equipments with several interrelated working procedures. Then a simulation model is made which receive input data. This input data consists of load distribution and standard working time in each working station.

After carrying out the simulation process, the data on simulation result which is used to evaluate line balancing of process will be obtained. Then it could be found alternatives of the other input data which can give the more optimum result. Thus the simulation model which was made with the aid of software Simple++, will be able to help the decision making in SBP 30.000 especially in the fabrication shop PT. PAL INDONESIA to increase its productivity.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas limpahan rahmat, karunia serta berkah-Nya yang tiada terhitung jumlahnya. Shalawat dan salam senantiasa tercurah bagi manusia mulia pembawa kebenaran Rasulullah Muhammad SAW.

Atas ijin Allah SWT, akhirnya penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisa Line Balancing dengan Metode Aturan Largest Candidate pada Proses Produksi di SBP 30.000 PT. PAL INDONESIA”, demi memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh derajat Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.

Jauh di luar perkiraan penulis sebelumnya, penyusunan tugas akhir ini telah mengajarkan tentang arti menikmati dan menghargai jalannya sebuah proses, yang tidak selalu mulus dalam pelaksanaannya. Belajar bagaimana menyikapi secara bijak permasalahan yang datang dan menyelesaikannya. Penulis bersyukur dalam menghadapi semuanya tidak pernah sendirian, karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih tak terhingga kepada semua pihak yang telah banyak memberikan dukungan, tanpa bantuan semuanya proses ini akan terasa jauh lebih berat.

Ir. Heri Supomo, MSc, selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan serta meluangkan waktu untuk berdiskusi tentang banyak hal, tempat penulis berpaling untuk bertanya dan mencari ide-ide baru..

Alm. Ir. Andjar Soeharto, selaku Pembimbing Pendamping yang telah memberikan pengarahan dan masukan tambahan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Ir. Djauhar Manfaat, MSc, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar di Jurusan Perkapalan FTK-ITS.

Ir. IKA Arya Pria Utama, MSc, Ph.D, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS yang telah memberikan kesempatan dan pengarahan kepada penulis untuk kelancaran pelaksanaan tugas akhir ini.

Ir. Paulus Andrianto, selaku dosen wali, yang telah memberikan kritik-kritik dan saran kepada penulis selama proses belajar di Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS.

Dr. Ir. Wisnu Wardhana, MSc, SE., Ir. Erwin, MSc, dan Donny Setyawan, ST dari Lab. Komputer Pasca Sarjana, yang banyak memberikan saran serta kesempatan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Seluruh Dosen Jurusan Teknik Perkapalan yang telah mencurahkan perhatian dan ilmunya selama penulis menjadi mahasiswa, serta segenap Staf Pengajar, Tata Usaha, Lab. Komputer Pasca Sarjana FTK, dan Perpustakaan, serta Staf Penjaga dan Parkiran yang telah banyak membantu penulis.

Ir. Bargowo, MSc., Ir. Prama Prafiarto, Bapak Hanif, Bapak Santoso, Bapak Amin Budiono, beserta segenap karyawan PT. PAL INDONESIA khususnya Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000 yang telah banyak memberikan masukan, data, serta saran sehingga tugas akhir ini terselesaikan dengan baik.

Mama dan Papa tercinta, tidak pernah ada kata yang cukup untuk melukiskan betapa beruntungnya memiliki Mama dan Papa yang selalu menyayangi, melindungi, dan yang tidak pernah kehabisan energi untuk selalu mau mengerti dan memaafkan. Menyenangkan untuk tahu bahwa di tengah dunia yang semakin terasa keras dan dingin, selalu ada tempat hangat untuk pulang.

Kakakku tersayang, Wieke, serta Adikku Luis, sumber dari semangat dan kekuatanku, yang selalu meluangkan waktu untuk bercanda, berdiskusi, berdebat, dan berdoa. Kebersamaan menuju gerbang kedewasaan adalah saat yang tak akan terlupakan, dan semoga menjadi pupuk bagi suburnya kasih sayang di antara kita, selalu.

Meldona, Istri dan-Kecintaanku, sumber kebahagiaanku, yang selalu setia menjadi lautan samudera, menguapkan gelisah dan terikku, untuk dijadikan awan keteduhan. Hidup menjadi sangat berarti jika selalu ada kamu disisiku. Segala darimu adalah keindahan yang tak akan pernah memudar.

Deddy, Mamam, dan keluarga, terima kasih atas segala doa dan keikhlasan yang telah diberikan kepadaku, semoga selalu ada kata ridha dan kasih bagi kita berdua dalam melangkah.

Rekan-rekan Kapal angkatan '95 (yang nggak akan muat bila kucantumkan satu persatu disini). Untuk seluruhnya, thanks atas pengertiannya selama penulis bolak-balik mudik ke Malang serta dukungan untuk menjadikanku bukan bujangan lagi. (We are not chicken !).

Sobat-sobat di Wisma Cendana Putih 'GW21' : Sulistyio 'Dragon Ball', Eko 'Mummy' Andi, Mama 'Eduart' Komodo. Andi 'Gay-whul', Adi 'Kriwul', Jendral Teguh 'Hehehe', Juragan 'P', Yudha 'Gendut', Budhek 'Provokator', Pipin, Ivan-Eva, Fikri 'Animaniac', Oj 'Insomania', Jeremy 'Amri', Marpaung, Hardi, Yimmy-Nardi, Wawan 'Kekar', Bowo 'Maniac', Sigit-Didit, Bazuki 'Oyeh', Kenthus 'Bete', Hendrik 'Tinggi', Salim, Ferry, Pak Toha, Donny, Bambang, dan semua yang belum disebut. Thanks berat atas tersedianya 'Medan Perang' yang tak terlupakan dan hiburan-hiburan lain yang tak kalah seru dan asyik punya.

Semua pihak yang telah membantu suksesnya TA-ku dan kuliahku di Perkapalan ITS.

Akhir kata, tiada gading yang tak retak, meskipun skripsi ini telah disusun dengan sepenuh hati, tentu tak luput dari kesalahan dan kekurangan. Namun penulis tetap memiliki harapan besar, bahwa skripsi ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Malang, Juli 2000

Widiantoro Herisantoso

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR	
DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR	
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	
PERSEMBAHAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR GAMBAR OBYEK	xii
BAB I PENDAHULUAN	I.1
1.1. Tinjauan Umum	I-1
1.2. Latar Belakang	I-2
1.3. Identifikasi Masalah	I-3
1.4. Batasan Masalah	I-3
1.5. Tujuan dan Manfaat	I-3
1.6. Metodologi Penelitian	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II.1
2.1. Tinjauan Umum	II-1
2.2. Pembangunan Kapal di PT. PAL INDONESIA	II-3
2.2.1. Metode Pembangunan Kapal di PT. PAL INDONESIA	II-3

2.2.2. Fasilitas SBP 30.000 DWT	II-6
2.2.3. Lay Out Galangan dan Aliran Material	II-8
2.3. Kapasitas Peralatan Produksi	II-12
2.3.1. Tinjauan Umum	II-12
2.3.2. Kapasitas Terpasang	II-12
2.3.3. Kapasitas Aktual	II-13
2.3.4. Konsep Utilitas dan Efektifitas.....	II-14
2.4. Konsep Line Balancing.....	II-17
2.4.1. Pengertian Lintasan Produksi dan Keseimbangan Lintasan..	II-17
2.4.2. Tujuan Metode Line Balancing.....	II-18
2.4.3. Problematika Keseimbangan Lintasan.....	II-19
2.4.4. Tinjauan Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000.....	II-21
2.5. Model dan Simulasi.....	II-23
2.5.1. Pengertian.....	II-23
2.5.2. Jenis dan Kegunaan.....	II-25
2.5.3. Perangkat Lunak Pendukung Model Simulasi.....	II-27
2.5.4. Software Simple++ Pendukung Model Simulasi.....	II-28
2.6. Uji Validitas.....	II-29
2.6.1. Pendahuluan.....	II-29
2.6.2. Validitas Prediktif.....	II-30
BAB III METODE PENELITIAN.....	III-1
3.1. Metode Line Balancing.....	III-1
3.1.1. Gambaran Umum	III-1
3.1.2. Macam-macam Metode Line Balancing.....	III-2

3.1.3. Pemilihan Metode Line Balancing	III-4
3.2. Metode Aturan Largest-Candidate	III-5
3.2.1. Gambaran Umum.....	III-5
3.2.2. Pembuatan Precedence Diagram.....	III-6
3.2.3. Menghitung Waktu Pengerjaan Baku.....	III-8
3.2.4. Menghitung Balance Delay.....	III-13

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MODEL SIMULASI

LINE BALANCING DENGAN SOFTWARE SIMPLE++.....	IV-1
4.1. Perancangan Model Simulasi.....	IV-1
4.1.1. Pendahuluan.....	IV-1
4.1.2. Pembatasan Model Simulasi.....	IV-2
4.1.3. Skema Umum Model Simulasi.....	IV-3
4.1.4. Perancangan Masukan Data.....	IV-4
4.1.5. Perancangan Proses Simulasi.....	IV-6
4.1.6. Perancangan Keluaran Data.....	IV-8
4.1.7. Pemilihan Obyek Pendukung Model Simulasi.....	IV-10
4.2. Pembuatan Model Simulasi.....	IV-19
4.2.1. Tahapan Pembuatan Model Simulasi.....	IV-19
4.2.2. Tahap Pembuatan Frame Utama.....	IV-21
4.2.3. Tahap Pembuatan Model Entity.....	IV-24
4.2.4. Tahap Pembuatan Tabel Analisa dan Perhitungan.....	IV-31
4.2.5. Tahap Pembuatan Tampilan Hasil Simulasi.....	IV-40
4.2.6. Tahap Penyelesaian.....	IV-41

BAB V PELAKSANAAN SIMULASI DAN ANALISA HASIL.....	V-1
5.1. Pelaksanaan Simulasi.....	V-1
5.1.1. Tahap Awal Simulasi.....	V-1
5.1.2. Tahap Selama Simulasi Berjalan.....	V-3
5.1.3. Tahap Berakhirnya Simulasi.....	V-4
5.1.4. Uji Validitas.....	V-4
5.2. Pelaksanaan Simulasi Bulan Maret 1999.....	V-7
5.2.1. Pendahuluan.....	V-7
5.2.2. Analisa dan Pembahasan Hasil Simulasi.....	V-8
5.3. Analisa dan Pembahasan Alternatif Pemecahan Masalah.....	V-13
5.3.1. Pendahuluan.....	V-13
5.3.1. Alternatif Pertama.....	V-14
5.3.2. Alternatif Kedua.....	V-19
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	VI-1
6.1. Kesimpulan.....	VI-1
6.2. Saran.....	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran 1 :	Lintasan proses produksi Bengkel Fabrikasi Lambung
Lampiran 2 :	Data Validasi
Lampiran 3 :	Data Statistik
Lampiran 4 :	Rekomendasi PT. PAL INDONESIA



DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
4.1. Obyek model simulasi.....	IV-18
5.1. Hasil Uji Validitas.....	V-6
5.2. Masukan data bulan Maret 1999	V-8
5.3. Masukan data alternatif I.....	V-14
5.4. Masukan data alternatif II.....	V-19

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
2.1. Bagan aliran material.....	II-10
3.1. Precedence diagram.....	III-8
4.1. Tahap Pembuatan Model Simulasi.....	IV-20
4.2. Single Processing Unit.....	IV-22
4.3. Tampilan Frame Utama.....	IV-23
4.4. Tampilan TableResource.....	IV-24
4.5. Flowchart distribusi material.....	IV-25
4.6. Flowchart batas entity.....	IV-26
4.7. Table Request.....	IV-27
4.8. Table Cycle.....	IV-28
4.9. Tampilan flowcontrol.....	IV-30
4.10. Tampilan tabel flowcontrol.....	IV-30
4.11. Tablefile dan formula.....	IV-35
4.12. Tampilan chart.....	IV-36
4.13. Frame tabel analisa line balancing.....	IV-38
4.14. Frame tabel perhitungan balance delay.....	IV-38
4.15. Frame tabel perhitungan utilitas.....	IV-39
4.16. Frame tabel statistik.....	IV-39
4.17. Tampilan statechart.....	IV-40
4.18. Tampilan plotter.....	IV-41
5.1. Tampilan eventcontroller.....	V-3

5.2. Tabel line balancing bulan Maret 1999.....	V-9
5.3. Tampilan chart line balancing bulan Maret 1999.....	V-10
5.4. Tabel perhitungan balance delay bulan Maret 1999.....	V-11
5.5. Tabel perhitungan utilitas bulan Maret 1999.....	V-12
5.6. Tabel line balancing alternatif I.....	V-15
5.7. Tampilan chart file balancing alternatif I.....	V-16
5.8. Tabel perhitungan balance delay.....	V-17
5.9. Tabel perhitungan utilitas.....	V-18
5.10. Tabel line balancing alternatif II.....	V-21
5.11. Tampilan chart line balancing alternatif II.....	V-21
5.12. Tabel perhitungan balance delay alternatif II.....	V-22
5.13. Tabel perhitungan utilitas alternatif II.....	V-23

DAFTAR GAMBAR OBYEK

GAMBAR	Halaman
Frame.....	IV-11
Connector.....	IV-11
Source.....	IV-12
Single Processing Unit.....	IV-12
Buffer.....	IV-12
FlowControl.....	IV-13
Store.....	IV-13
Drain.....	IV-13
Entity.....	IV-14
TableFile.....	IV-14
CardFile.....	IV-15
EventController.....	IV-15
Method.....	IV-15
Global Variable.....	IV-16
Dialog.....	IV-16
Chart.....	IV-16
Plotter.....	IV-17

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Tinjauan Umum

Proses produksi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mentransformasikan bentuk material-material dan kekuatan-kekuatan (*input*, berupa sumber daya atau jasa-jasa produksi) menjadi bentuk suatu barang atau jasa (*output* atau produk). Dengan mendasarkan kepada prinsip ekonomi yaitu berusaha untuk mendapatkan keuntungan atau profit yang sebesar-besarnya, maka selalu muncul usaha-usaha untuk meningkatkan atau memberikan nilai tambah pada suatu barang atau jasa dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia sebaik-baiknya. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan penerapan *line balancing of process* atau keseimbangan lintasan proses yang berguna untuk mengetahui kelancaran aliran proses produksi dari elemen kerja satu ke elemen kerja yang lain. Dengan meningkatnya kelancaran proses produksi maka diharapkan waktu produksi dapat ditekan yang pada akhirnya memberikan keuntungan tersendiri bagi pelaku ekonomi tersebut.

Untuk mengetahui apakah *line balancing* suatu proses produksi sudah optimal atau belum maka dapat digunakan Metode Aturan *Largest-Candidate* yang diaplikasikan dalam suatu model simulasi yang dibuat dengan bantuan *software* Simple++ untuk dapat mengevaluasi keseimbangan lintasan proses sekaligus melihat faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakseimbangan yang mungkin terjadi pada lintasan proses produksi. Selanjutnya, dari evaluasi tersebut akan didapatkan beberapa alternatif yang mungkin dapat dilakukan agar ketidakseimbangan lintasan proses produksi dapat dikurangi atau bahkan dapat dihilangkan.

1.2. Latar Belakang

Dengan memperhatikan perkembangan teknologi yang semakin cepat dan era persaingan antar industri yang semakin ketat, maka kebutuhan untuk meningkatkan kemampuan galangan kapal mutlak diperlukan. Salah satu upaya untuk menjawab tantangan tersebut adalah dengan meningkatkan produktifitas. Produktifitas adalah rasio dari *output* produksi terhadap *input* produksi memberikan ukuran efisiensi relatif dari suatu proses (Dilwort, 1989). Meningkatkan produktifitas berarti meningkatkan produksi dan mempercepat proses produksi, tetapi mempercepat proses produksi belum tentu meningkatkan produktifitas (Soeharto dan Soejitno, 1996). Metode untuk meningkatkan produktifitas adalah:

1. Peningkatan produktifitas dengan menghemat tenaga kerja
2. Peningkatan produktifitas dengan menerapkan metode kerja yang paling tepat
3. Peningkatan produktifitas dengan memanfaatkan sumber daya dengan lebih efektif.
4. Peningkatan produktifitas dengan melenyapkan praktek-praktek tidak produktif

Penerapan *line balancing* mencakup keempat metode di atas yang berhubungan dengan lintasan proses. Dengan menerapkan *line balancing* pada suatu lintasan proses produksi, maka diharapkan terjadi peningkatan produktivitas dengan menekankan pada kelancaran aliran benda kerja yang berjalan secara optimal. Untuk menganalisa penerapan *line balancing* tersebut maka diperlukan metode aturan *Largest-Candidate* yang diaplikasikan dalam suatu model simulasi dengan bantuan *software* Simple++ sehingga selanjutnya dapat dievaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakseimbangan lintasan proses produksi, misalnya : faktor peralatan produksi, buffer, sumber daya yang tersedia, dan lain-lainnya.

1.3. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas, pokok permasalahan/kendala yang harus dipecahkan adalah :

1. Apakah ada masalah ketidakseimbangan lintasan proses produksi di SBP 30.000 PT. PAL INDONESIA ?
2. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi ketidakseimbangan lintasan dalam proses produksi tersebut ?

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka untuk memperjelas obyek analisa yang dimaksud diperlukan batasan-batasan masalah, yaitu :

1. Analisa *line balancing* dibatasi pada perhitungan *balance delay*, dan utilitas peralatan produksi di bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000
2. Aktivitas yang dibahas adalah untuk pembangunan kapal-kapal baru mulai dari stockyard sampai dengan tahap fabrikasi.
3. Jenis sarana yang dibahas adalah sarana penunjang, yaitu meliputi peralatan bengkel dan mesin-mesinnya, tempat penimbunan sementara, serta sumber daya manusia.
4. Modal usaha dan *cost of product* tidak dibahas

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perilaku keseimbangan lintasan proses produksi serta utilitas dari Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000 PT. PAL INDONESIA

2. Memberikan suatu gagasan atau alternatif-alternatif penyelesaian dari permasalahan ketidakseimbangan lintasan yang mungkin timbul pada lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000 PT. PAL INDONESIA.

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dari segi akademik akan memberikan gambaran tentang bagaimana *line balancing of process* dapat diterapkan di galangan.
2. Dari hasil analisa *line balancing* ini, diharapkan galangan dapat meningkatkan produktivitas kerjanya secara sistematis dan teratur.
3. Program simulasi yang dibuat pada tugas akhir ini dapat digunakan sebagai sarana pengambilan keputusan dalam menghadapi masalah ketidakseimbangan lintasan proses produksi.

1.6. Metodologi Penelitian

a. Study Literatur

Mempelajari literatur-literatur yang memiliki relevansi dengan permasalahan yang ada dalam tugas akhir ini.

b. Survey Lapangan

Pengamatan, pengumpulan data, penelitian, yang meliputi :

- Waktu baku tiap stasiun kerja yang didapat dari Departemen Suport.
- Data permintaan produk per bulan dari perencana pekerjaan di Bengkel Fabrikasi Lambung.
- Jam mesin terpasang serta jam mesin aktual yang didapat dari Departemen Suport.
- Produk terpasang dan produk aktual dari peralatan produksi yang didapat dari

Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000.

- Lay-out SBP 30.000 dan diagram aliran proses produksi pada pembangunan kapal baru (*Operational Process Chart*) dari Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000.

c. Analisa Hasil

Perhitungan data-data yang didapat di lapangan dilakukan dengan membuat model simulasi menggunakan *software* Simple++ untuk memudahkan analisa perhitungan yang ada. Adapun tahap-tahap analisa hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Melakukan perhitungan waktu baku tiap proses
- Melakukan perhitungan waktu kerja dan besarnya kapasitas tiap mesin di bengkel-bengkel yang ada di SBP 30.000
- Melakukan perhitungan *balance delay* tiap stasiun kerja
- Melakukan perhitungan utilitas tiap mesin dan utilitas bengkel

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Produksi adalah segala kegiatan dalam menciptakan dan menambah faedah (*utility*) suatu barang / jasa. Faedah atau manfaat ini dapat terdiri dari beberapa macam, misalnya: faedah waktu, faedah tempat, faedah bentuk, serta kombinasi dari faedah-faedah tersebut.

Secara umum fungsi produksi adalah bertanggung jawab atas pengolahan bahan baku menjadi barang jadi atau jasa yang akan memberikan hasil pendapatan bagi perusahaan. Untuk melaksanakan fungsi ini diperlukan serangkaian kegiatan yang merupakan suatu sistem. Menurut Handoko (1992), ada empat kegiatan utama dalam produksi, yaitu :

1. Proses (*process*), yang diartikan sebagai metode dan teknik yang digunakan untuk pengolahan bahan.
2. Jasa (*service*) yang merupakan bahan pengorganisasian untuk menetapkan teknik-teknik sehingga proses-proses dapat digunakan secara efektif.
3. Perencanaan (*planning*) yang merupakan hubungan atau korelasi dan organisasi dari kegiatan produksi untuk suatu dasar waktu tertentu.
4. Pengawasan (*control*) untuk menjamin bahwa maksud dan tujuan mengenai penggunaan bahan pada kenyataannya dilaksanakan.

Lebih lanjut proses produksi dapat diartikan sebagai cara, metode, dan teknik untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa dengan menggunakan sumber-sumber (tenaga kerja, mesin, bahan-bahan, dan dana) yang ada untuk mencapai tujuan. Pada galangan kapal proses produksi tidak hanya mencakup pekerjaan dasar

(pembuatan badan kapal setengah jadi dan permesinannya, pemasangan perlengkapan instalasi) tetapi juga pemilihan dan sistem pengangkutan material, persiapan produksi, dan seterusnya (Soejitno, 1992).

Dalam proses produksi kapal harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Penggunaan ruangan *ship yard* yang direncanakan seefisien mungkin.
- Alat-alat atau mesin-mesin produksi harus digunakan secara efektif.

Hal-hal di atas tidak hanya menjamin rencana pembangunan kapal terpenuhi tetapi juga untuk mengatur pembangunan kapal secara teratur dan pengurangan tenaga kerja. Jika kapasitas pada suatu bagian dari perlengkapan tidak cukup, maka harus diadakan penambahan baik sebagian ataupun penambahan total atau pengaturan kembali secara lengkap perlengkapan galangan. Jika kapal dibangun pada galangan baru dalam perencanaan peralatan dan perlengkapan teknik maka jauh-jauh harus dipikirkan metode apa yang digunakan untuk pembangunan kapal tersebut. Pada galangan kapal sekarang ini prinsip yang dipegang adalah jumlah waktu yang digunakan untuk membangun kapal di *building berth* dikurangi sebanyak mungkin. Sedapat mungkin pengerjaan kapal dilakukan di bengkel-bengkel ataupun *prefabrication shop* sedang pekerjaan-pekerjaan di *building berth* hanya berupaya pada penyambungan dan pengelasan blok-blok atau seksi-seksi.

Apabila semua fasilitas di galangan terpenuhi maka harus ditentukan dan dipertimbangkan waktu yang diperlukan untuk persiapan pembangunan kapal. Perencanaan yang baik dan terarah mengenai waktu dan peralatan akan berpengaruh terhadap proses konstruksi berikutnya, dimana dengan utilitas peralatan yang baik akan menaikkan kualitas pekerjaan dan mengurangi waktu pekerjaan.

2.2. Pembangunan Kapal di PT. PAL INDONESIA

2.1.1. Metode Pembangunan Kapal di PT. PAL INDONESIA

Pada dasarnya perkembangan teknologi produksi kapal dapat dibagi menjadi empat tahapan, berdasarkan teknologi yang digunakan pada proses *construction* dan *outfitting* (Chirillo, 1993). Adapun empat tahap tersebut ialah :

a. *Conventional Construction and Outfitting*

Tahapan pertama ini diberi nama tahapan sistem karena pekerjaan produksi terpusat pada masing-masing sistem fungsional. Kapal direncanakan dan dibangun sebagai suatu sistem. Pertama lunas diletakan, kemudian gading-gading dipasang dan kulitnya. Bila badan kapal hampir selesai pekerjaan outfitting dimulai. Pekerjaan outfitting direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik, dan mesin. Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem merupakan halangan untuk mencapai produktivitas tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal menggunakan ratusan pekerja adalah sangat sukar. Kegagalan seorang pekerja menyelesaikan suatu pekerjaan yang diperlukan oleh pekerja yang lain sering mengakibatkan overtime untuk pekerjaan tersebut. Selain itu hampir semua aktivitas produksi dikerjakan di building berth pada posisi yang relatif sulit. Semua keadaan diatas pada prinsipnya sangat menghalangi usaha-usaha untuk meningkatkan produktivitas.

b. *Hull Block Consturction Method and Preoutfitting*

Tahapan ini dimulai dengan dipakainya teknologi pengelasan pada pembuatan kapal. Proses pembuatan badan kapal menjadi proses pembuatan blok-blok atau seksi-seksi yang dilas, seperti seksi geladak dan kulit, dan lain-lain, yang kemudian dirakit

menjadi badan kapal. Perubahan ini diikuti dengan perubahan pada pekerjaan sudah jadi. Perubahan ini dikenal dengan nama '*preoutfitting*'

Tahapan kedua ini masih mempertimbangkan 'tradisional', karena desain dan *material definition* masih dikerjakan secara sistem demi sistem. Sedangkan proses produksinya diorganisasi berdasarkan zone, sehingga tahapan ini juga dikenal dengan tahapan sistem (*stage*). Karena adanya dua aspek yang bertentangan antara perencanaan dan pengerjaannya, banyak kesempatan untuk memperbaiki produktivitas tidak dapat dilakukan.

c. *Process Lane Construction and Zone Outfitting*

Tahapan berikutnya diberi nama '*zone / area*'. Kebanyakan galangan di Jepang dan Eropa menggunakan sistem ini. Evolusi dari teknologi pembangunan kapal modern dari metode tradisional dimulai pada tahap ini. *Process lane* dari segi praktis adalah suatu seri '*work stations*' yang dilengkapi dengan fasilitas produksi (mesin, peralatan, dan tenaga kerja dengan keahlian khusus) untuk membuat satu kelompok produk yang mempunyai kesamaan dalam proses produksinya. Suatu contoh pengelompokan adalah sebagai berikut : pertama adalah *process lane* untuk subassembly bentuk yang datar, kedua untuk subassembly bentuk yang mempunyai kelengkungan dan ketiga untuk bentuk yang kompleks. Dengan pengelompokan seperti ini berarti galangan mengelompokan proses produksi berdasarkan kesamaan fungsi proses produksinya, yang memungkinkan pekerja berpengalaman menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan di *workstation* tempat mereka bekerja. Ini adalah suatu faktor yang penting untuk mencapai produktivitas yang tinggi.

Zone outfitting adalah teknologi kedua yang membedakan tahapan ini dengan metode tradisional. Istilah '*zone outfitting*' berarti membagi pekerjaan ini menjadi '*region/zone*', tidak berdasarkan sistem fungsionalnya. Karakteristik berikutnya dari metode ini adalah dibaginya pekerjaan outfitting menjadi tiga tahapan, yaitu *out-unit*, *on-block*, dan *on-board*. Galangan modern secara sistematis berusaha meminimalkan pekerjaan *outfitting on-board*.

d. *Integrated Hull Construction, Outfitting, and Painting (IHOP)*

Tahapan keempat ini ditandai dengan suatu kondisi dimana pekerjaan pembuatan kapal, *outfitting*, dan pengecatan sudah diintegrasikan. Keadaan ini digunakan untuk menggambarkan teknologi yang paling baik di industri perkapalan. Pada tahapan ini proses pengecatan dilakukan sebagai bagian dari proses pembuatan kapal yang terjadi setiap *stage*. Selain itu, karakteristik utama tahap ini adalah digunakannya teknik-teknik manajemen yang bersifat analitis, khususnya analisa statistik untuk mengontrol proses produksi atau yang dikenal sebagai '*accuracy control system*'.

Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa tahapan yang ingin dicapai oleh galangan kapal di Indonesia adalah adalah *Process Lane Construction and Zone Outfitting* atau tahapan berikutnya. Sedangkan pada saat ini PT. PAL INDONESIA masih menggunakan teknologi dan manajemen yang berdasarkan pada sistem (*system oriented*) yaitu pembuatan *Hull Construction* kemudian diikuti dengan pekerjaan *Outfitting*.

2.2.2. Fasilitas SBP 30.000 DWT

Galangan kapal adalah suatu tempat untuk memproduksi / membangun dan mereparasi kapal serta alat-alat apung lainnya. Untuk dapat melaksanakan fungsinya dengan baik maka galangan-galangan kapal harus mempunyai sarana-sarana tertentu yaitu sarana pokok dan sarana penunjang. Selain itu, untuk mencapai standart produksi yang baik dalam arti mutu maupun jumlah, maka galangan kapal harus dilengkapi dengan sarana transportasi dan penanganan material yang memadai.

Dalam rangka meningkatkan kemampuan membangun kapal-kapal baru serta docking kapal berukuran sampai dengan 30.000 DWT, pada akhir tahap III PT. PAL INDONESIA telah melaksanakan pembangunan *graving dock* berkapasitas 30.000 DWT yang seluruhnya disebut *Ship Building Plant* 30.000 DWT (SBP 30.000). SBP 30.000 tersebut dibangun untuk mendukung Divisi Kapal Niaga. Fasilitas Divisi Kapal Niaga merupakan fasilitas untuk membangun berbagai jenis kapal untuk mendukung keperluan niaga seperti kapal tanker, kapal penumpang, kapal ferry, dan berbagai jenis kapal angkut lainnya.

Pada fasilitas 30.000 DWT tersebut, secara sederhana dapat dijelaskan bahwa pembuatan kapal dapat diikuti secara rinci, mulai dari penyiapan plat dan profil vaja, untuk dipotong sesuai rancangan (fabrikasi), kemudian dirakit menjadi subkomponen (subassembly), menjadi komponen blok (assembly), menjadi blok (grand assembly), dan terakhir penggabungan berbagai blok untuk dirakit menjadi kapal secara utuh (erection).

Kapal yang telah utuh tersebut kemudian diluncurkan ke air untuk dilengkapi dengan berbagai peralatan dan fasilitas (*outfitting*) menjadi kapal secara sempurna. Dengan kata lain pembuatan kapal pada sarana 30.000 DWT dilaksanakan dengan metode ban berjalan. Kemampuan angkat *goliath crane* yang menjadi bagian dari fasilitas baru

tersebut menentukan ukuran blok kapal yang dapat dibuat pada sarana 30.000 DWT.

Untuk mendukung hal tersebut di atas, maka telah dibangun :

- *Steel Stock House* seluas 8.120 m, yang berfungsi sebagai gudang penyimpanan material baja baik berbentuk pelat maupun profil, berikut peralatan untuk *steel surface preparation*.
- *Fabrication Shop* atau bengkel fabrikasi seluas 8.425, berfungsi untuk mengerjakan pelat maupun profil baja yang akan menjadi bagian komponen kapal. Peralatan yang ada pada bengkel fabrikasi ini meliputi fasilitas untuk pekerjaan : *marking, cutting, bending, preparation, palleting, material handling*, dan transportasi.
- *Sub-assembly Shop* atau bengkel sub-assembly seluas 8.600 m dengan perlengkapan peralatan untuk membentuk komponen kapal yang meliputi pekerjaan *fitting, welding*, dan transportasi.
- *Assembly Shop & Grand Assembly Shop* seluas 15.410 m yang berfungsi sebagai kelanjutan dari pekerjaan sub-assembly dan merupakan bengkel perakitan.
- *Sand Blasting Shop* seluas 1.920 m, berfungsi untuk membersihkan rakitan dari assembly sebelum dirakit lebih lanjut pada bengkel grand assembly
- Bengkel pipa, bengkel mesin, bengkel pelat tipis, bengkel galvanis, dan palletizing yang merupakan bengkel-bengkel penunjang pekerjaan outfitting seluas 11.000 m.
- *Building Dock (graving dock)* dengan kapasitas docking untuk pembuatan kapal berbobot mati hingga 30.000 DWT, dengan panjang total maksimum mencapai 300 m, lebar 32 m, yang terbagi menjadi dua bagian yaitu *Pre-erection Dock* dengan panjang 100 m, dan Building Dock dengan panjang 200 m dengan kedalaman masing-masing 10 m dan 30 m.

2.2.3. Lay Out Galangan dan Aliran Material

Lay out suatu galangan menjadi suatu hal yang sangat penting karena baik buruknya *lay out* akan menentukan efisiensi produksi, laba, serta ketangguhan galangan. Penyusunan *lay out* didasari tujuan untuk mendapatkan tempat kerja yang nyaman, sistem kerja yang teratur, dan kemudahan dalam perawatan keseluruhan sistem (Soeharto dan Soejitno, 1996). *Lay out* suatu galangan dapat bervariasi sesuai dengan kondisi dan lokasi galangan, ukuran serta tipe kapal yang dibangun maupun direparasi, metode pembangunan kapal yang diterapkan, kapasitas produksi, dan lain-lain. Pada kebanyakan galangan yang mempunyai *lay out* yang baik, proses produksi dari galangan tersebut akan dapat dikerjakan dengan cepat dan lancar serta tidak ada simpangan arah aliran atau arus material.

Adapun pertimbangan dasar dalam menentukan *lay out* suatu bengkel adalah sebagai berikut :

- a. Aliran yang teratur atau halus dari bagian-bagian dan potongan-potongan material.

Pada pembangunan kapal baru terdapat banyak sekali bagian-bagian dan potongan-potongan yang kadang-kadang mempunyai beban yang sangat berat sehingga diperlukan alat angkut yang memadai. Dalam pengangkutan ini diusahakan jalurnya sependek mungkin dan idealnya merupakan garis lurus. Jalur berbelok-belok seyogyanya dihindarkan sampai sekecil mungkin sehingga memudahkan proses pengangkutan material.

- b. Kapasitas yang seimbang dari beberapa proses.

Proses produksi yang ideal adalah terjadinya keseimbangan antara aliran material yang datang (sebelum diproses) dan material material sesudah diproses sehingga volume pekerjaan dari masing-masing proses adalah sama.

c. Pertimbangan untuk masa mendatang.

Sifat dari *lay-out* bengkel pada suatu galangan tidak harus selalu tetap dan mungkin memerlukan perubahan sesuai dengan skala produksi dan perkembangan metode pembangunannya.

Faktor lain yang juga penting bagi produktifitas suatu galangan kapal adalah kelancaran aliran material mulai dari gudang hingga ke *building berth*. Secara skematis arus material dalam proses pembuatan kapal dapat dilihat pada gambar 2.1. Lebih lanjut urutan pengerjaan material dapat diuraikan sebagai berikut :

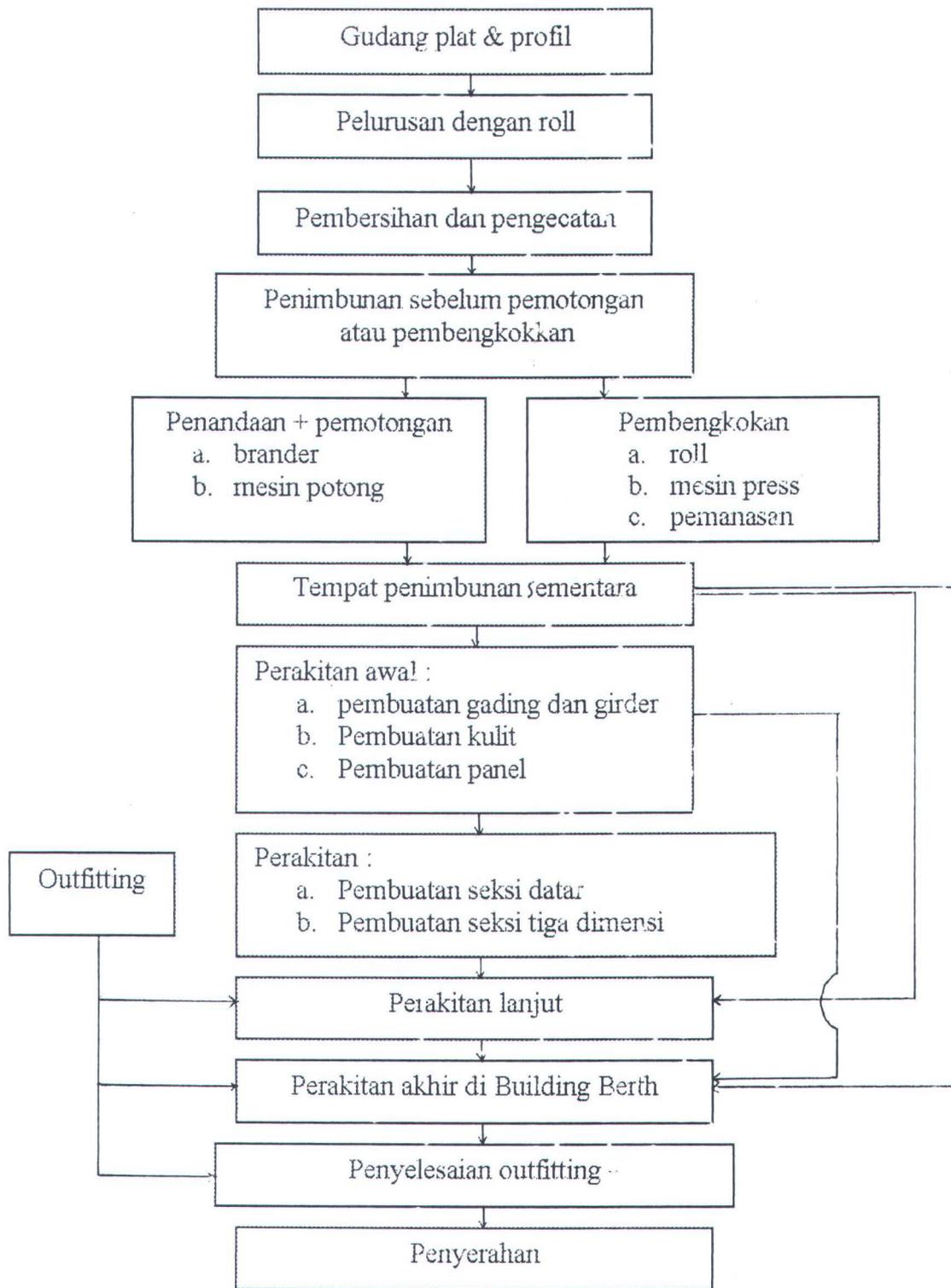
a. Pelurusan

Akibat dari transportasi material dari pabrik sampai ke galangan maka kemungkinan dapat menyebabkan deformasi. Deformasi yang sering terjadi adalah melengkung atau membentuk gelombang. Pelurusan dilakukan dengan mesin press / roll dalam keadaan dingin. Cara dingin lebih baik dari pada cara pemanasan karena material (baja) tidak mengalami perubahan struktur.

b. Pembersihan dan pengecatan

Material yang dikirim dari pabrik kemungkinan berkarat atau terdapat kotoran-kotoran, hal ini mungkin juga disebabkan lamanya penyimpanan dan cara penyimpanannya sendiri. Untuk melindungi pengkaratan lebih lanjut, maka terlebih dahulu material dibersihkan lalu dicat dengan cat primer. Adapun caranya adalah sebagai berikut :

- Cara mekanik, misalnya dengan sikat baja
- Cara kimia, dengan larutan HCL (10-20%)
- Sand blasting atau grit blasting



Gambar 2.1.
Bagan aliran material (Div. Kania)

c. Penandaan

Sebelum plat dikerjakan lebih lanjut, plat memerlukan penandaan untuk menentukan batas-batas potongan, pembengkokan, dan penyambungan. Penandaan dilakukan pada meja penandaan, sedangkan tanda-tandanya diperoleh dari lantai gambar (*mouldloft*).

d. Pemotongan

Ada dua cara dalam pemotongan plat, yaitu:

- Mekanik dengan mesin potong
- *Thermal* dengan brander

Cara *thermal* memiliki kelebihan yaitu dapat untuk bentuk lengkung, dapat sekaligus dengan persiapan sisi dan peralatannya ringan.

e. Pembengkokan

Pembengkokan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu proses dingin dan proses panas. Proses dingin biasanya dilakukan dengan menggunakan mesin roll atau mesin *press hidrolis*. Sedangkan proses panas biasanya menggunakan brander.

f. Tempat penimbunan sementara

Tempat ini berfungsi sebagai penimbunan hasil produksi yang berupa komponen-komponen kapal yang akan diproses lebih lanjut (*dirakit*).

g. Perakitan

Proses perakitan dalam pembangunan kapal biasanya terdiri dari

- Perakitan awal (*subassembly*)
- Perakitan (*assembly*)
- Perakitan lanjutan (*block assembly*), untuk sistem blok
- Perakitan akhir di *building berth* (*final assembly*)

2.3. Kapasitas Peralatan Produksi

2.3.1. Tinjauan Umum

Dalam mengukur tingkat produktivitas suatu galangan tidak lepas dari terminologi kapasitas yaitu besaran-besaran atau nilai kuantitatif dari *output* yang mampu dihasilkan dalam suatu proses (Sasangko,1991).

Keseimbangan lintasan dari suatu proses produksi dapat mempengaruhi pencapaian kapasitas produksi. Beban pekerjaan yang sudah ditetapkan harus didistribusikan secara proporsional dengan mempertimbangkan keseimbangan lintasan agar tidak terjadi suatu bentuk aliran produksi yang menyempit (*bottle neck*) sehingga dapat mengakibatkan kemacetan aliran yang pada gilirannya akan mempengaruhi keterlambatan waktu penyelesaian. Di samping itu, tingkat keahlian tenaga kerja yang mengoperasikan peralatan produksi, tata letak dari peralatan tersebut, serta perencanaan pekerjaan yang baik juga memegang peranan yang penting dalam meningkatkan kapasitas produksi. Dalam konteks perhitungan produktifitas, kapasitas bisa dibedakan menjadi dua, yaitu kapasitas terpasang dan kapasitas aktual baik untuk sumber daya manusia maupun peralatan..

2.3.2. Kapasitas terpasang

Kapasitas terpasang adalah kapasitas maksimum sesuai dengan kemampuan perusahaan atau galangan dalam jangka waktu tertentu. (Sasangko, 1991). Peningkatan atau penambahan kapasitas terpasang belum tentu akan menghasilkan peningkatan produktifitas, karena kapasitas terpasang bukanlah satu-satunya faktor penentu produktifitas. Faktor penentu peningkatan produktifitas yang lain adalah :

- Kapasitas aktual

- Efektifitas kerja
- Etos kerja
- Pemanfaatan fasilitas
- Faktor Eksternal (*demand*)

Peningkatan kapasitas terpasang berarti penambahan sumber daya baru atau fasilitas baru, baik berupa peralatan (mesin) maupun tenaga kerja. Penambahan fasilitas baru tanpa disertai peningkatan kapasitas aktual bahkan akan berdampak pada penurunan produktifitas sehingga umumnya banyak perusahaan yang memfokuskan perhatian kepada bagaimana sumber daya yang akan dapat dioptimalkan penggunaannya serta ditingkatkan efisiensinya untuk mencapai tingkat produktifitas yang tinggi. Dapat disimpulkan bahwa kapasitas terpasang menunjukkan bobot kemampuan maksimal suatu perusahaan untuk dapat melakukan proses produksi sesuai dengan sumber daya yang ada.

2.3.3. Kapasitas Aktual

Kapasitas aktual merupakan pencapaian sejumlah produk yang dihasilkan melalui proses produksi pada periode waktu yang telah dilewati. Kapasitas aktual dari perusahaan sangat tergantung pada demand masyarakat. Dengan *demand* masyarakat yang sedikit kita tidak akan dapat berproduksi secara besar-besaran. Kapasitas aktual juga merupakan tolok ukur perusahaan tersebut dari kepercayaan masyarakat terhadap perusahaan yang dimaksud. Suatu perusahaan yang memiliki angka aktual yang besar dapat diartikan bahwa banyak permintaan dari masyarakat yang juga mencerminkan kepercayaan masyarakat yang besar terhadap perusahaan tersebut.

Dalam industri perkapalan terdapat dua jenis kapasitas aktual. Kapasitas yang dimaksud adalah kapasitas aktual sarana pokok dan kapasitas aktual sarana penunjang.

Kapasitas sarana pokok adalah jumlah realisasi pekerjaan yang dilakukan di atas sarana pokok dalam kurun waktu tertentu. Sedangkan kapasitas aktual sarana penunjang adalah jumlah realisasi pekerjaan dengan menggunakan peralatan penunjang yang terdapat di bengkel-bengkel pada galangan tersebut dalam waktu tertentu.

2.3.4. Konsep Utilitas dan Efektifitas

Proses produksi yang dilaksanakan dalam pembangunan kapal baru terdiri dari beberapa tahap sehingga kapasitas aktual yang dicapai pada masing-masing tahapan proses tergantung dari jenis dan jumlah pekerjaan yang dibebankan oleh fasilitas produksi yang tersedia. Fasilitas peralatan produksi yang digunakan untuk mendukung kegiatan proses produksi tersebut dapat diukur besarnya melalui perhitungan utilitas pada periode waktu tertentu.

Menurut Groover (1990), utilitas dapat diartikan sebagai tingkat penggunaan atau pemanfaatan fasilitas produksi. Dengan kata lain utilitas adalah ukuran yang menunjukkan seberapa bagus sumber daya produksi digunakan. Suatu peralatan dikatakan memiliki utilitas yang tinggi, apabila peralatan (mesin) tersebut dapat menghasilkan produk aktual mendekati kapasitas produk terpasangnya. Dalam hal ini utilitas mendekati 100 %. Sebaliknya apabila utilitas rendah, artinya fasilitas tidak dioperasikan mendekati kapasitas terpasangnya.

Anderson (1980) mendefinisikan bahwa utilitas adalah hubungan antara waktu aktual perlengkapan yang digunakan untuk produktifitas kerja (waktu mesin) dan total waktu yang tersedia. Selanjutnya, utilitas dinyatakan dalam bentuk formulasi sebagai berikut :

$$\text{Utilitas} = \frac{\text{Waktu aktual mesin}}{\text{Total waktu tersedia}}$$

dimana :

Waktu aktual mesin : Merupakan jam kerja mesin yang secara aktual digunakan langsung untuk melakukan sejumlah pekerjaan yang dibebankan.

Total waktu tersedia : Merupakan keseluruhan waktu kerja shift yang dikurangi dengan waktu berhenti tanpa dapat dihindari karena adanya perawatan mesin dan kerusakan mesin, waktu pekerjaan dan lain-lain.

Dalam upaya untuk meningkatkan kapasitas produksi secara aktual, dapat dilakukan dengan meningkatkan utilitas dari fasilitas peralatan produksi yang tersedia. Analisa secara umum adanya kemungkinan pengaruh langsung pada peningkatan utilitas diantaranya adalah :

- Perbaikan adanya kerusakan dan berhentinya mesin
- Peningkatan metode dan persiapan kerja
- Peningkatan motivasi kerja

Mesin-mesin yang digunakan untuk mendukung kegiatan proses produksi pada galangan kapal merupakan suatu peralatan buatan manusia yang tidak mungkin terlepas dari adanya penurunan kemampuan atau bahkan kerusakan yang menyebabkan berhentinya mesin dan tidak dapat dioperasikan lagi. Oleh sebab itu diperlukan suatu upaya guna memperpanjang usia kegunaannya, yaitu dengan menerapkan sistem pemeliharaan terencana, agar kerusakan di tahap awal dapat terdeteksi dengan akurat melalui inspeksi periodik yang selanjutnya dilakukan tindakan penanganan secepatnya. Dengan demikian perencanaan pengadaan suku cadang (*inventory*) dan pemeliharaan fasilitas peralatan produksi secara sistematis dan terprogram merupakan konsekuensi

logis dari peningkatan utilitas sehingga kapasitas produksi secara aktual dapat tercapai mendekati kapasitas terpasang dan akan dapat meningkatkan produktifitas perusahaan.

Sedangkan efisiensi peralatan menunjukkan kedayagunaan peralatan. Dengan kata lain, efisiensi mengacu kepada tingkat intensitas kerja dari peralatan atau mesin. Suatu mesin dikatakan memiliki efisiensi tinggi apabila dalam suatu waktu tertentu, rate produksi aktualnya mendekati rate produksi terpasang. *Rate production* atau laju produksi adalah perbandingan antara produk dengan satuan waktu jam (Dilworth, 1989). Bila dituliskan dalam bentuk formulasi adalah sebagai berikut :

$$\text{Laju Produksi} = \frac{\text{Produk}}{\text{Jam}}$$

Sehingga dapat dirumuskan bahwa efisiensi adalah perbandingan antara rate produksi aktual terhadap rate produksi terpasang (Dilworth, 1989) yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{[\text{Produk / Jam}] \text{ aktual}}{[\text{Produk / Jam}] \text{ kapasitas}}$$

Pada kasus-kasus tertentu, meningkatnya angka utilitas peralatan belum tentu diikuti dengan naiknya efisiensi peralatan. Hal ini bisa dimengerti, karena jika penambahan jam produksit aktual (misalnya dengan mengeliminasi *waste time* atau waktu terbuang sia-sia) tidak diikuti dengan intensitas produk relatif yang tinggi maka yang akan terjadi adalah penurunan efisiensi. Akan tetapi umumnya jika ada peningkatan waktu produktif aktual maka akan diikuti pula dengan peningkatan keluaran produk yang cukup untuk meningkatkan *rate of production* sehingga efisiensi akan naik. Jadi bisa dikatakan bahwa untuk meningkatkan utilitas salah satu cara adalah dengan berusaha meminimalkan waktu

terbuang menjadi waktu produktif. Sedangkan untuk meningkatkan efisiensi dengan penambahan waktu produktif ini, diusahakan adanya penambahan intensitas kerja.

2.4. Konsep Line Balancing

2.4.1. Pengertian Lintasan Produksi dan Keseimbangan Lintasan

Lintasan produksi adalah aliran area-area kerja yang mana fasilitas seperti mesin, tools, dan operasi-operasi manual diletakkan berdekatan secara berurutan satu sama lain, dan benda kerja yang bergerak secara berkesinambungan dengan kecepatan yang sama melalui rangkaian operasi yang seimbang pada alirannya, dimana perlakuan simultan diperbolehkan (Sawyer, 1970).

Dalam suatu lintasan produksi, biasanya, rangkaian atau pengelompokan sejumlah peralatan dengan suatu prosedur kerja yang memiliki keterkaitan hubungan yang erat dalam suatu pelaksanaan kegiatan produksi dapat dianggap sebagai satu stasiun kerja. Prosedur kerja yang dimaksud dapat berupa material handling, material proses, assorting, dan lain sebagainya.

Metode *line balancing* atau keseimbangan lintasan adalah suatu metode yang digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan lintasan yang berkaitan dengan aspek waktu. Kriteria umum keseimbangan lintasan produksi adalah memaksimalkan efisiensi lintasan atau meminimumkan *balance delay*, dan tujuan pokok dari penggunaan metode ini adalah untuk mengurangi atau meminimumkan waktu pengangguran (*idle time*) dan waktu terblokir pada suatu lintasan yang dilalui benda kerja, dimana *output* lintasan ditentukan oleh operasi yang paling lambat.

Menurut James (1983), berdasarkan karakteristik proses pengerjaan yang dilakukan, lintasan produksi dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Lintasan fabrikasi

Lintasan fabrikasi adalah suatu lintasan produksi yang terdiri dari sejumlah operasi pekerjaan yang bersifat membentuk atau merubah sifat-sifat dari benda kerja.

2. Lintasan Assembling

Lintasan assembling adalah suatu lintasan produksi yang terdiri dari sejumlah operasi perakitan komponen atau material yang dikerjakan pada beberapa stasiun kerja.

2.4.2. Tujuan Metode Line Balancing

Tujuan metode *line balancing* adalah untuk mendistribusikan unit-unit kerja atau elemen-elemen kerja pada setiap stasiun kerja agar waktu menganggur atau waktu terblok dari stasiun kerja pada suatu lintasan produksi dapat ditekan seminimal mungkin, sehingga pemanfaatan dari peralatan maupun operator dapat digunakan semaksimal mungkin. Dilworth (1989) menyatakan beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari perencanaan lintasan produksi yang baik :

1. Jarak perpindahan yang minimal.
2. Aliran benda kerja, mencakup gerakan dari benda kerja dapat berjalan secara kontinu.
3. Pembagian tugas (beban kerja) terbagi secara merata yang disesuaikan dengan keahlian orang.
4. Operasi simultan, setiap operasi dikerjakan pada saat yang sama di seluruh lintasan.
5. Operasi unit, lintasan dimaksudkan sebagai penghasil unit tunggal, satu seri operasi atau grup kerja ditugaskan untuk satu produk.
6. Gerakan benda kerja tetap, gerakan benda kerja sesuai dengan set up dari lintasan dan bersifat tetap.

7. Proses memerlukan waktu yang minimum.
8. Meningkatkan target produksi.

Persyaratan yang harus diperhatikan untuk menunjang kelangsungan lintasan produksi yang baik adalah :

- Keseimbangan waktu kerja untuk masing-masing operasi sedapat mungkin sama.
- Kontinuitas aliran benda kerja pada lintasan harus dijamin.

2.4.3. Problematika Keseimbangan Lintasan

Pada lintasan produksi ada beberapa proses yang terpisah, berurutan, dan beberapa operasi perakitan yang dilakukan pada suatu produk. Problem dalam kesetimbangan lintasan proses produksi adalah mengalokasikan semua pekerjaan yang dilakukan pada lintasan di beberapa stasiun kerja secara merata. Ini disebut sebagai problem keseimbangan lintasan karena tujuannya adalah menentukan pemerataan kerja untuk masing-masing stasiun atau menyeimbangkan pembebanan kerja pada lintasan. Selanjutnya, problem dalam keseimbangan lintasan adalah menyusun proses individual dan pengerjaan fabrikasi pada stasiun kerja sehingga total waktu yang dikehendaki pada masing-masing stasiun kerja kurang lebih sama. Jika elemen kerja dapat dikelompokkan sehingga semua waktu stasiun kerja sama, kita telah mendapatkan keseimbangan yang sempurna pada lintasan dan kita dapat mengharapkan produksi berjalan lancar. Pada kenyataannya sangat sulit untuk mendapatkan keseimbangan yang sempurna. Bila stasiun kerja tidak sama, stasiun yang paling lambat menentukan semua kecepatan produksi pada lintasan.

Pada aliran proses produksi sendiri, ada beberapa masalah yang timbul dalam lintasan yaitu:

- Keterlambatan pada stasiun-stasiun kerja, dimana operator telah menyelesaikan pekerjaannya tetapi harus menunggu benda kerja dari stasiun sebelumnya.
- Terjadinya rintangan pada stasiun, dimana operator telah menyelesaikan pekerjaannya tetapi harus menunggu operator berikutnya untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.

Selanjutnya, Dilworth (1989) menjelaskan dua macam bentuk lintasan dan beberapa masalahnya yaitu:

1. *Non Mechanical Lines* (Lintasan non mekanis)

Pada lintasan ini, tidak ada belt atau conveyor yang digunakan untuk memindahkan benda kerja di antara operator stasiun kerja, yang ada adalah benda kerja dipindahkan dari stasiun ke stasiun dengan manual atau tenaga manusia.

Beberapa masalah yang timbul dari model operasi ini adalah :

- Keterlambatan pada stasiun-stasiun kerja, dimana operator telah menyelesaikan pekerjaannya tetapi harus menunggu benda kerja dari stasiun sebelumnya.
- Terjadinya rintangan pada stasiun, dimana operator telah menyelesaikan pekerjaannya tetapi harus menunggu operator berikutnya untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut sebelum benda kerja tersebut diteruskan.

Sebagai akibat dari problem ini, aliran pekerjaan pada lintasan non mekanis biasanya tidak merata. Waktu pengerjaan baku akan berubah-ubah dan ini akan memperbesar ketidakteraturan secara keseluruhan. *Buffer stock* untuk benda kerja di antara stasiun kerja sering digunakan untuk memperlancar aliran produksi.

2. *Moving Belt Lines* (Lintasan bergerak dengan *belt*)

Lintasan ini menggunakan *continuously moving belt* atau conveyor untuk memindahkan benda kerja dari stasiun satu ke stasiun lainnya. Beberapa masalah yang potensial di sini adalah :

- Keterlambatan dapat terjadi seperti pada lintasan non mekanis.
- Terjadinya rintangan pada stasiun, dimana operator telah menyelesaikan pekerjaannya tetapi harus menunggu operator berikutnya untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut sebelum benda kerja tersebut diteruskan.

Dari permasalahan yang timbul di atas, *buffer stock* kadang-kadang diperlukan untuk mengatasi masalah ini. Juga *overlap* pada stasiun kadang-kadang diperbolehkan, dimana pekerjaan yang diijinkan untuk berjalan melintasi batas manual dari stasiun dengan maksud untuk menyelesaikan pekerjaannya.

2.4.4. Tinjauan Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000

Dalam tugas akhir ini sistem yang akan dijadikan obyek analisa adalah sistem keseimbangan lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000 PT. PAL Indonesia. Pembatasan ini dilakukan mengingat kompleksnya permasalahan dalam industri perkapalan, keterbatasan data penunjang, serta ketersediaan waktu dalam penelitian. Maka dari itu, tinjauan terhadap Bengkel Fabrikasi Lambung perlu kiranya diulas untuk lebih memahami kegiatan produksi yang terjadi pada proses fabrikasi di bengkel tersebut. Lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung dapat dilihat pada Lampiran A. Adapun kegiatan produksi yang dilakukan dengan peralatan penunjang (mesin) ataupun sumber daya manusia dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Pembersihan dan pengecatan (FA-03)

Peralatan ini ditempatkan di *stockyard* untuk memudahkan pelaksanaan kegiatan produksi. Material yang dikirim dari pabrik kemungkinan berkarat atau terdapat kotoran-kotoran, hal ini mungkin juga disebabkan lamanya penyimpanan dan cara penyimpanannya sendiri. Untuk melindungi pengkaratan lebih lanjut, maka terlebih

dahulu material dibersihkan lalu dicat dengan cat primer. Adapun caranya adalah dengan menggunakan *shot blasting* yang kemudian dilanjutkan dengan pengecatan primer.

b. Penandaan dan Pemotongan (FA-07, FA-09, FA-10, FA-11, FA-14, dan FA-26)

Sebelum pelat dikerjakan lebih lanjut, pelat memerlukan penandaan untuk menentukan batas-batas potongan, pembengkokan, dan penyambungan. Penandaan dilakukan pada meja penandaan, sedangkan tanda-tandanya diperoleh dari lantai gambar (*mouldloft*).

Proses pemotongan di Bengkel Fabrikasi Lambung dilakukan dengan cara *thermal* memiliki kelebihan yaitu lebih cepat, dapat untuk bentuk lengkung, dapat sekaligus dengan persiapan sisi dan peralatannya ringan. Penjelasannya adalah sebagai berikut :

- *Manual marking* dan *cutting* untuk profil dengan menggunakan scutter (FA-07 dan FA-14)
- *Flame Planner* (FA-09), mesin potong lurus yang digunakan untuk memotong pelat-pelat dengan hasil yang lurus dan dilengkapi dengan 20 torch pemotong yang dipasang dengan jarak tertentu serta bergerak secara otomatis dan sekali jalan.
- *NC Plasma Cutting* (FA-10) dan *NC Gas Cutting* (FA-11), peralatan ini digunakan untuk memotong pelat dengan berbagai macam bentuk dan sekaligus dapat menandai secara otomatis yang dikendalikan dengan program komputer.

c. Pembengkokan (FA- 16, FA-18, FA-19, dan FA-20)

Proses pembengkokan di Bengkel Fabrikasi Lambung dilakukan dengan cara proses dingin yaitu dilakukan dengan menggunakan mesin roll atau mesin press hidrolis. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- *Frame Bender* (FA-18), mesin ini digunakan untuk membengkokan profil
- *500 Ton Hydraulic Press* (FA-16), *Three Roll Bending* (FA-20), dan *1000 Ton Hydraulic Press* (Fa-20), mesin-mesin ini digunakan untuk membending pelat.

d. *Buffer* (tempat penimbunan sementara)

Tempat ini berfungsi sebagai penimbunan hasil produksi yang berupa komponen-komponen kapal yang akan diproses lebih lanjut. *Buffer* kadang juga dapat digunakan untuk memperlancar aliran material.

e. *Material handling*

Material handling merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk memindahkan material-material, baik material yang belum jadi, setengah jadi, maupun yang sudah jadi. *Material handling* memiliki kapasitas angkat dan cara pengoperasian yang berbeda-beda tergantung dari kebutuhan dan tingkat kecanggihannya. Adapun yang termasuk fasilitas *material handling* ini meliputi :

- *Transverse Conveyor System*
- *Crane* (dalam berbagai tipe)

Dengan menggunakan *software* Simple++ maka stasiun-stasiun kerja pada Bengkel Fabrikasi Lambung dapat disimulasikan sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan sehingga dapat dianalisa keseimbangan lintasan dari proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung tersebut.

2.5. Model dan Simulasi

2.5.1. Pengertian

Sistem dapat didefinisikan sebagai kelompok obyek atau ide yang mempunyai hubungan satu sama lainnya dan diatur untuk mencapai suatu tujuan tertentu sehingga

dapatlah dikatakan bahwa sebuah sistem terdiri dari bagian-bagian yang saling terkait dan beroperasi bersama untuk mencapai suatu tujuan. Suatu sistem terdiri dari obyek-obyek yang saling berinteraksi dan memiliki ketergantungan satu dengan yang lainnya. Jangkauan suatu sistem sangat luas sekali, maka untuk melaksanakan pengamatan suatu sistem diperlukan batasan dengan tujuan untuk mempermudah pengamatan dan analisa.

Secara sederhana, model dapat diartikan sebagai bentuk penyederhanaan suatu masalah. Selanjutnya Wilson (1984), mendefinisikan model sebagai representasi dari sistem baik secara kualitas dan kuantitas yang mewakili suatu proses atau kejadian dimana dapat menggambarkan secara jelas hubungan interaksi antara berbagai faktor yang penting yang akan diamati.

Sedangkan simulasi dapat diartikan sebagai suatu proses perancangan model *real system* dan menghubungkan eksperimen terhadap model tersebut dengan tujuan untuk memahami tingkah laku sistem atau mengevaluasi beberapa strategi (dalam batasan sejumlah kriteria) untuk pengoperasian sistem tersebut. Peranan simulasi adalah membantu merespon adanya perubahan yang terjadi dalam suatu sistem akibat pengaruh internal maupun eksternal. Jadi simulasi sistem merupakan teknik pemecahan problem melalui pengamatan performansi model dinamik dari sistem yang dikaji. Model dan simulasi sering digunakan untuk kebutuhan riset operasional dan pengembangan ilmu pengetahuan terutama untuk proses desain, perencanaan dan operasional. Sifat model dan simulasi dapat berupa *graphical modelling*, ataupun animasi. Hal ini tergantung dari fasilitas yang diberikan oleh *software* komputer simulasi.

2.5.2. Jenis dan Kegunaan

Menurut Wilson (1984), simulasi sistem berdasarkan perubahan yang terjadi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Model simulasi diskrit

Model simulasi diskrit adalah sistem dimana variabel utamanya atau kejadian-kejadian model ini berubah terhadap titik-titik atau bagian waktu. Perubahan yang terjadi berlangsung secara tidak menerus. Contoh model simulasi ini adalah kejadian jumlah pelanggan yang datang dan yang telah selesai dilayani oleh sebuah bank.

2. Model simulasi kontinyu

Model simulasi kontinyu adalah sistem dimana variabel utamanya berubah terus/kontinyu terhadap perubahan waktu dan perhitungan ulang dari model dilakukan setiap perubahan waktu. Contoh model simulasi kontinyu adalah pergerakan pesawat terbang di udara, dengan variabel utamanya adalah posisi dan kecepatan yang dapat berubah terus terhadap perubahan waktu.

Dalam berbagai aplikasi teknik penggunaan model sering digunakan, contohnya adalah pemodelan yang diterapkan di sistem kontrol, dinamika dan manufaktur. Keuntungan penggunaan model adalah untuk mempermudah analisa terhadap suatu sistem dengan menggunakan alat bantu seperti pemograman komputer, persamaan dan model fisik. Jika sistem yang dimodelkan cukup sederhana kemungkinan dapat bekerja dengan baik dan mendapatkan hasil yang tepat, contohnya model $d = rt$ dimana d adalah jarak antara dua posisi, r adalah kecepatan, dan t adalah waktu, dengan merubah model menjadi $t = d / r$ maka kita dengan mudah mendapatkan keluaran nilai waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut bila jarak dan kecepatan diketahui, model ini disebut model analisa solusi. Bila pemodelan suatu sistem tidak sederhana dan sangat

komplek maka penyelesaian pemodelan suatu sistem yang terbaik adalah dengan menggunakan simulasi. Beberapa kegunaan yang lain dari model dan simulasi dapat dijelaskan sebagai berikut.

Kegunaan Model :

- a. Model tidak hanya digunakan untuk menggambarkan sekumpulan pemikiran-pemikiran tetapi juga mengadakan evaluasi dan meramalkan kelakuan sistem.
- b. Dapat menghemat sejumlah uang dan waktu, menghindari kerugian, dan mendapatkan perancangan terbaik tanpa membutuhkan konstruksi seluruh kenyataan alamiahnya.

Kegunaan simulasi :

- a. Dapat mempelajari sistem dengan biaya yang lebih murah dan beresiko lebih sedikit dibanding eksperimen sistem nyata.
- b. Dapat menentukan kondisi tertentu yang diperlukan.
- c. Dapat menentukan pengaruh variasi dari kondisi atau faktor penentu.

Model simulasi merupakan pemodelan yang sangat berguna untuk memodelkan suatu sistem yang sangat kompleks disamping itu telah banyak *software* pendukung pembuatan model simulasi. Selain itu biasanya model simulasi sistem dapat memberikan hasil statistik berupa :

- Penghitung atau penjumlah (*count*), dengan memberikan informasi tentang jumlah jenis, jumlah waktu, dan sebagainya.
- Ringkasan (*summary measures*), nilai ekstrem, nilai rata-rata, deviasi, dan lain-lain.
- Distribusi variabel-variabel penting misalnya panjang antrian, waktu tunggu, dan lain-lain.
- Waktu transit, waktu yang dibutuhkan untuk pindah dari subsistem ke subsistem yang lain.

2.5.3. Perangkat Lunak Pendukung Model Simulasi

Perangkat lunak yang dipergunakan untuk membangun program simulasi berpengaruh cukup besar terhadap kesuksesan permodelan dan simulasi, termasuk kesanggupan untuk membangun program secara rinci yang akan berpengaruh terhadap eksekusi model dan simulasi yang telah dibuat. Ada dua penggolongan perangkat lunak yang dapat dipakai untuk pemodelan simulasi, yaitu:

1. *General purpose programming*

General purpose programming atau bahasa pemrograman yang umum, yang termasuk bahasa pemrograman yang umum adalah Fortran, Bahasa C, C++, Turbo Pascal dan lain sebagainya. Untuk pembuatan simulasi dengan bahasa program membutuhkan waktu yang lebih banyak dibanding dengan sistem paket. Tetapi program ini memiliki fleksibilitas yang lebih besar, yang memungkinkan untuk membuat model atau simulasi dari suatu sistem yang tidak bisa terwakilkan oleh *software* paket simulasi.

2. *Simulation Software (Package)*

Simulation Software (Package) adalah *software* paket yang menawarkan program untuk pembuatan model dan simulasi. *Software* simulasi ini dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu:

a. *Simulation Languages (Bahasa Simulasi)*

Bahasa simulasi adalah sebuah paket komputer yang bersifat umum sehingga dapat dipakai untuk memodelkan hampir semua sistem manufaktur. Bahasa simulasi ini diantaranya adalah *Dynamic Model (DYNAMO)*, *General Purpose System Simulator Language (GPSS)*, *SIMSCRIPT*, dan lain sebagainya. Dengan bahasa program ini untuk membuat model simulasi yang baik dibutuhkan

seorang yang mempunyai kemampuan dalam pemrograman. Sedang *simulator manufaktur* adalah *software* simulasi yang memberikan kemudahan dalam memodelkan sistem yang spesifik dimana tidak diperlukan atau tidak harus menulis program.

b. *Simulator*

Simulator atau sistem *data driven* adalah *software* yang telah meniadakan perlunya pemrograman secara formal. Model dikembangkan berdasarkan data, dan data dapat di jalankan secara langsung. Karena logika model dan *feature simulasi* adalah *build-in* (Carrie, 1988), maka tidak lagi diperlukan keahlian yang tinggi untuk menulis program komputer dari model tersebut. Pembuatan model simulasi dengan *simulator* telah terbukti lebih mudah dan lebih cepat. Suatu evaluasi terhadap manufaktur telah dilakukan oleh Hlupic dan Paul (1995), dimana empat buah *software* telah evaluasi, yaitu XCELL+, SIMFACTORY, WITNESS dan Pro Model. Tujuan evaluasi adalah untuk memeriksa dan memastikan bahwa beberapa simulator lebih lengkap dan fleksibel dari yang lain, dan mereka juga menyimpulkan bahwa tidak satupun simulator yang dapat dipakai untuk memodelkan semua problem dalam sistem manufaktur.

2.5.4. Software Simple++ Pendukung Model Simulasi

Perangkat lunak yang dipergunakan untuk membangun program simulasi berpengaruh cukup besar terhadap kesuksesan permodelan dan simulasi, termasuk kesanggupan untuk membangun program secara rinci yang akan berpengaruh terhadap eksekusi model dan simulasi yang telah dibuat. Perkembangan sistem pemrograman akhir-

akhir ini lebih condong ke arah object-oriented, contoh dari produk ini adalah *software Simple ++*.

Simple++ adalah *software* simulator standar untuk *object oriented, graphical*, pemodelan, simulasi, visualisasi sistem dan proses kerja sistem. *Software* ini menyediakan objek yang sangat mendasar dan kemampuan untuk mendesain program sendiri sesuai dengan model yang diinginkan sehingga setiap material dalam sebuah sistem produksi dapat dimodelkan dengan baik. Sedangkan bagaimana kualitas model yang dibangun tidak hanya tergantung pada pengetahuan dari pemogram tetapi juga pengalaman dalam menggunakan program ini. *Software* ini memiliki fleksibilitas yang lebih unggul dibandingkan dengan *software simulator* yang lain. Fasilitas penunjang programnya juga memiliki kelengkapan tersendiri yang memberikan keleluasaan bagi penggunaan untuk memodelkan suatu sistem yang kompleks. Disamping itu kemampuan untuk interface dengan database cukup handal sehingga baik untuk digunakan dalam model simulasi sistem (AESOP, 1997).

2.6. Uji Validitas

2.6.1. Pendahuluan

Uji validitas diperlukan untuk menguji sejauhmana ketepatan dan kecermatan model simulasi dalam melakukan fungsinya. Suatu model simulasi dapat dikatakan mempunyai validitas yang tinggi apabila model tersebut memberikan hasil yang sesuai dengan yang dimaksud. Sisi lain dari pengertian validitas adalah aspek kecermatan pengukuran. Suatu alat ukur yang valid, tidak sekedar mampu mengungkapkandata dengan tepat akan tetapi juga harus memberikan gambaran yang cermat mengenai data tersebut. Cermat berarti bahwa pengukuran itu mampu memberikan gambaran mengenai

perbedaan yang sekecil-kecilnya di antara subyek yang satu dengan yang lain. Sebagai contoh, bila kita hendak mengetahui berat sebuah cincin emas maka kita harus menggunakan alat penimbang berat emas agar hasil penimbangannya valid, yaitu tepat dan cermat. Sebuah alat penimbang bada memang juga mengukur berat akan tetapi tidaklah cukup cermat guna menimbang berat cincin emas dikarenakan perbedaan berat yang sangat kecil (tapi penting) pada berat emas itu tidak akan terlihat pada alat ukur berat badan yang tidak memperhatikan berat dalam satuan gram. Tes yang memberikan hasil yang tidak relevan menjalankan fungsinya.

2.6.2. Validitas Prediktif

Apabila skor kriteria validasi merupakan skor yang hendak diprediksi oleh tes dan karenanya baru dapat diperoleh setelah tenggang waktu tertentu setelah tes dikenakan, maka prosedur validasi berdasarkan kriteria akan menghasilkan suatu statistik yang disebut koefisien validitas prediktif (Azwar, 1992). Selanjutnya, bila setiap subyek dalam model simulasi mempunyai skor masing-masing pada dua variabel maka skor pada kedua variabel itu dapat diketahui korelasinya. Koefisien korelasi (r) adalah statistik yang menunjukkan kuat dan arah saling hubungan antara variasi dua distribusi skor. Menurut Azwar (1992), koefisien korelasi memiliki rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum XY - (\sum X)(\sum Y) / n}{\sqrt{[\sum X^2 - (\sum X)^2 / n] [\sum Y^2 - (\sum Y)^2 / n]}}$$

dimana :

- X dan Y : skor masing-masing variabel
- n : banyaknya subyek

Dalam validitas, sebenarnya tidak ada batasan universal yang menunjuk kepada angka minimal yang harus dipenuhi agar suatu model simulasi dikatakan valid. Hal yang penting untuk dijadikan pertimbangan adalah sejauh mana simulasi yang bersangkutan dapat bermanfaat dalam pengambilan keputusan. Seringkali suatu tes yang memiliki koefisien validitas kurang tinggi masih berguna dalam membantu pengambilan keputusan dan dalam kasus-kasus tertentu, misalnya untuk meletakkan subyek pada suatu jenjang relatif dalam kelompoknya, atau dalam melihat konsistensi subyek dengan ujian tes, dan sebagainya.

Terhadap pertanyaan mengenai berapakah koefisien validitas yang dianggap memuaskan, Cronbach (1970) mengatakan bahwa jawabannya yang paling masuk akal adalah yang tertinggi yang dapat diperoleh. Jadi suatu koefisien validitas dianggap memuaskan atau tidak, penilaiannya dikembalikan kepada pemakai simulasi atau kepada mereka yang berkepentingan dalam penggunaan hasil ukur simulasi tersebut.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Line Balancing

3.1.1. Gambaran Umum

Dalam usaha untuk menyeimbangkan lintasan produksi ada beberapa macam pendekatan, antara lain :

1. Suatu pendekatan yang berusaha mencapai keseimbangan lintasan produksi berdasarkan waktu pengerjaan baku yang besarnya tertentu. Selanjutnya berusaha mendapatkan jumlah stasiun kerja dan waktu menganggur yang minimal untuk setiap stasiun kerja pada keseluruhan lintasan produksi.
2. Meminimumkan waktu pengerjaan baku yang diberikan sejumlah stasiun kerja.
3. Membagi beban kerja pada stasiun-stasiun kerja tertentu.

Untuk membawa masalah ke dalam persoalan keseimbangan lintasan, maka beberapa hal berikut ini perlu ditekankan dahulu yaitu :

- Volume produksi dan jam kerja.
- Macam operasi serta urutan ketergantungan.
- Waktu yang diperlukan untuk setiap operasi.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai keseimbangan lintasan produksi adalah sebagai berikut :

- Mencatat operasi atau elemen-elemen kerja yang dibutuhkan.
- Mencari waktu operasi pada tiap stasiun kerja yang terlibat dalam lintasan.

- Mengatur operasi-operasi tersebut dengan cara mengkombinasikan atau membagi-bagi operasi-operasi tersebut sedemikian rupa sehingga di dapat total waktu untuk kelompok operasi-operasi tersebut yang sesuai dengan faktor keseimbangan.

Selanjutnya, analisa keseimbangan lintasan proses produksi di SBP 30.000 pada penelitian ini dibatasi pada bengkel Fabrikasi Lambung mengingat kompleksnya permasalahan yang ada pada industri perkapalan serta waktu yang terbatas.

3.1.2. Macam-Macam Metode Line Balancing

Model-model pendekatan yang berbeda telah banyak dilakukan oleh para ahli untuk mempelajari masalah-masalah yang berhubungan dengan *line balancing*. Namun demikian, tujuan penyelidikan pada prinsipnya sama yaitu mengoptimalkan keadaan lintasan produksi guna mendapatkan *output* lintasan, penggunaan tenaga kerja, dan peralatan yang efisien.

Menurut beberapa literatur, ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan lintasan, antara lain :

- a. Metode *trial and error*
- b. Metode *linear programming*
- c. Metode Heuristic (*Heuristic Method*)

Penjelasan metode-metode di atas adalah sebagai berikut :

- a. Metode *trial and error*

Menurut metode ini basis keseimbangan berdasarkan *output* mesin atau orang terendah, keseimbangan diusahakan dengan mengatur penempatan operator yang

paling cekatan untuk pekerjaan yang sulit, sedangkan prosedur untuk menyeimbangkan lintasan adalah :

- Menentukan *production rate* pada lintasan
- Menentukan operasi dan waktu yang diperlukan dengan urutannya
- Merencanakan keseimbangan lintasan dengan berusaha untuk membentuk grup-grup operasi sehingga jumlah waktu yang dibebankan untuk masing-masing operator sama dengan *production rate*.
- Diatur-atur sedemikian rupa supaya seimbang

Di dalam pelaksanaannya, posisi operator sepanjang lintasan diatur oleh kepala regunya. Bilamana terjadi kesulitan, maka perlu pengaturan untuk membantu yang sedang sibuk sehingga kesibukan menjadi merata.

b. Metode *Linear Programming*

Metode *linear programming* merupakan pendekatan ilmiah untuk memecahkan masalah-masalah yang membentuk hasil optimum dari model-model persoalan yang saling berhubungan, saling mempengaruhi dimasukkan sebagai variabel dimana variabel ini dikuasai oleh pembatas tertentu.

Masalah keseimbangan lintasan dapat juga dinyatakan dalam bentuk *linier programming* dan dipecahkan dengan metode tersebut. Akan tetapi jika digunakan metode ini akan dihadapkan pada persoalan matematis yang rumit, sehingga untuk menyelesaikan persoalan fabrikasi yang melibatkan operasi pengerjaan dalam jumlah besar akan sulit diselesaikan secara manual.

c. Metode Heuristic

Metode ini merupakan perkembangan dari metode *trial and error*. Ada dua alasan mengapa metode heuristic dapat dipakai, antara lain :

- a. Beberapa problema terlalu besar untuk dipecahkan secara teknis analitis.
- b. Beberapa problema tidak dapat dinyatakan dalam batas matematis.

Metode heuristik yang dapat dipakai untuk memecahkan masalah keseimbangan lintasan ada beberapa macam, antara lain :

- Heuristic Largest Candidate Rule
- Metode Heuristic Kilbridge and Wester

3.1.3. Pemilihan Metode Line Balancing

Uraian di atas memberikan gambaran bahwa untuk memecahkan persoalan keseimbangan lintasan banyak cara yang dapat digunakan. Untuk itu perlu dipilih salah satu metode yang digunakan untuk memecahkan persoalan dalam tugas akhir ini. Adapun pertimbangan pemilihan adalah :

a. Metode *trial and error*

Metode ini paling sederhana dan kurang efisien untuk digunakan.

b. Metode *linear programming*

Metode ini kurang praktis digunakan secara manual karena melibatkan persoalan matematis dimana penggunaan matrik akan sangat besar.

c. Metode heuristik

Beberapa tahun terakhir ini banyak percobaan-percobaan telah dilakukan untuk mengembangkan solusi analitis pada masalah keseimbangan lintasan dengan menggunakan metode heuristik. Metode ini dapat menyederhanakan masalah yang kompleks untuk menemukan solusi yang memuaskan dalam batas-batas perhitungan yang cukup beralasan dan metode ini mudah dimengerti juga lebih realistis dibandingkan dengan metode lainnya dalam menyelesaikan persoalan keseimbangan lintasan. Selanjutnya, mengingat industri perkapalan yang sangat kompleks maka prosedur penyederhanaan suatu proses produksi yang bertahap menjadi satu stasiun kerja dapat memudahkan analisa perhitungan dan pembuatan dari simulasi sistem dari proses produksi tersebut. Metode Aturan Largest Candidate memiliki kelebihan tersebut dibandingkan dengan metode yang lain serta dapat membantu penyusunan suatu bentuk simulasi yang fleksibel. Berdasarkan uraian di atas maka ditetapkan metode aturan Largest Candidate untuk memecahkan persoalan keseimbangan lintasan yang ada.

3.2. Metode Aturan Largest Candidate

3.2.1. Gambaran Umum

Di dalam aliran produksi, proses operasi umumnya dibagi-bagi menjadi beberapa kelompok elemen kerja di dalam stasiun-stasiun kerja yang berbeda. Tiap-tiap stasiun kerja mempunyai beban kerja dan waktu operasi yang berbeda. Sedangkan pada umumnya laju produksi ditentukan terlebih dahulu, baik berdasarkan permintaan produk.

Oleh karena itu harus dilakukan pengaturan kerja maupun waktu operasi dari tiap-tiap stasiun kerja tersebut sehingga kelancaran dan kemungkinan mencapai target produksi semakin besar.

Metode Aturan Largest Candidate merupakan salah satu dari metode Heuristic yang ada. Metode ini merupakan pernyataan secara tidak langsung dari pendekatan *trial and error*. Teknik ini memberikan solusi yang secara matematis mungkin tidak optimal, tetapi secara praktis masih bisa memberikan hasil yang memuaskan. Langkah-langkah pemecahan masalah dengan metode Aturan Largest Candidate dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Membuat *precedence diagram* untuk stasiun-stasiun kerja
2. Menghitung waktu baku tiap proses
3. Menghitung *balance delay*

3.2.2. Pembuatan Precedence Diagram

Precedence diagram merupakan gambaran secara grafis dari rangkaian elemen-elemen kerja serta ketergantungannya antara satu elemen kerja dengan elemen kerja yang lainnya (Dilworth, 1989). *Pecedence diagram* ini menggunakan dua simbol dasar, yaitu :

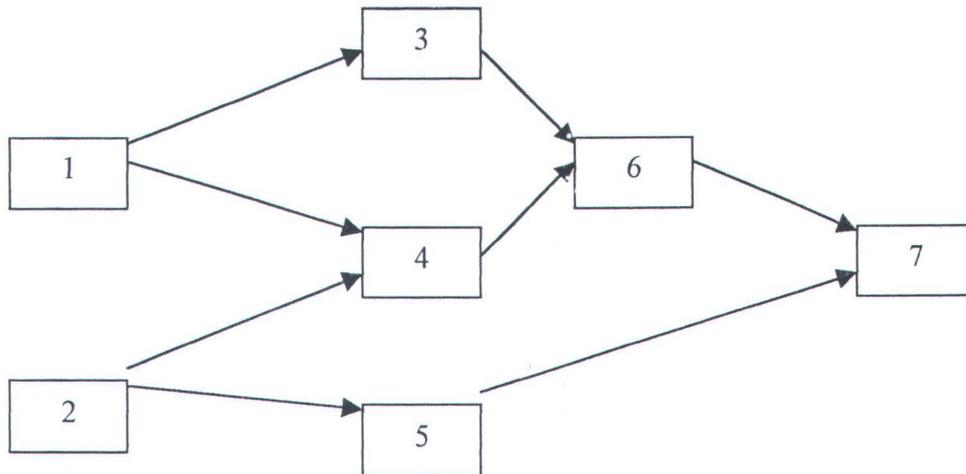
- a. Simbol lingkaran atau persegi dengan nomor di dalamnya. Lingkaran-lingkaran diberi nomor berurutan untuk mempermudah identifikasi suatu proses operasi. Selanjutnya pada pembuatan simulasi lintasan produksi penggunaan nomor tersebut dapat diganti langsung dengan penamaan stasiun kerja dari prcses produksi yang bersangkutan.



b. Panah penghubung dari simbol lingkaran yang satu ke lingkaran yang lainnya yang menunjukkan ketergantungan dari urutan proses operasi (elemen kerja). *Precedence diagram* dibuat dengan perjanjian bahwa elemen kerja (operasi) pada pangkal panah harus mendahului operasi pada ujung panah. Biasanya operasi yang pertama dikerjakan diletakan di sebelah kiri diagram yang kemudian berlanjut ke kanan. Selanjutnya pada pembuatan simulasi lintasan produksi, aliran proses digambarkan sesuai dengan *lay out* bengkel yang dianalisa untuk memudahkan pengguna dalam merencanakan dan menjalankan simulasi proses produksi.

Untuk melengkapi informasi pada tiap-tiap elemen kerja, maka pada precedence diagram tersebut ditambahkan waktu baku yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap operasi yang ada dan dituliskan di atas simbol lingkaran atau persegi. Selanjutnya pada pembuatan simulasi, waktu baku di setiap stasiun kerja dapat dilihat pada menu 'obyek', tab 'times' dari program simple ++.

Supaya lebih jelas, di bawah ini diperlihatkan contoh sederhana dari *precedence diagram* :



Gambar 3.1
Precedence diagram (Dilworth, 1989)

Keterangan :

Pada gambar *precedence diagram* di atas menunjukkan adanya 7 buah operasi yang saling bergantung. Operasi nomor 1 mendahului operasi nomor 3, 4, 6, dan 7. Operasi nomor 2 mendahului operasi nomor 4, 5, 6, dan 7. Jadi operasi nomor 4 didahului oleh operasi nomor 1 dan 2, dengan kata lain operasi nomor 4 tidak dapat dikerjakan apabila operasi nomor 1 dan 2 belum selesai dikerjakan. Sedangkan operasi nomor 3, 4, dan 5 satu sama lainnya tidak saling mendahului atau didahului (tidak mempunyai hak lebih tinggi).

3.2.3. Menghitung Waktu Pengerjaan Baku

Untuk memecahkan persoalan keseimbangan lintasan dengan metode Aturan Largest Candidate, maka harus ditentukan dahulu waktu pengerjaan baku dari setiap

operasi yang terlibat. PT. PAL INDONESIA memiliki data waktu pengerjaan baku dari bengkel Fabrikasi Lambung berdasarkan perhitungan yang dipakai oleh pihak Mitsui Co. Ltd. Jepang, dimana perusahaan ini pernah bertindak sebagai komisi teknik dari beberapa proyek PT. PAL INDONESIA. Adapun data-data waktu baku dari setiap operasi di bengkel Fabrikasi Lambung tersebut adalah sebagai berikut :

a. *Shot Blast and Painting Machine* (FA-03)

Untuk pelat :

- Prosedur pengerjaan :

Meletakan pelat pada ST-02 → Menggerakan pelat pada ST-01 → *Shotblasting*
→ *Auto Painting* → Material dibawa keluar oleh Traverser.

- Total waktu : 0,0833 hr/ton
- Pekerja : 5 orang

Untuk profil

- Prosedur pengerjaan :

Meletakan profil pada ST-02 → Menggerakan pelat pada ST-01 → *Shotblasting*
→ *Auto Painting* → Material dibawa keluar oleh Traverser.

- Total waktu : 0,1 hr/ton
- Pekerja : 5 orang

b. *Profiles Marking and Cutting* (FA-07)

- Prosedur pengerjaan :

Profile diangkut oleh conveyor → *Marking* → *Cutting* → *Assorting* dan diangkut oleh over head crane

- Total waktu : 0,7125 hr/ton
 - Pekerja : 4 orang
- c. *NC Plasma Cutting Machine* (FA-10)
- Prosedur pengerjaan :
Material diangkut dengan conveyor → *Set Data* → *N/C Marking* → *N/C Cutting* → *Assorting* dan material diangkut oleh over head crane.
 - Total waktu : 0,3235 hr/ton (untuk *dry type*) dan 0,5 hr/ton untuk *wet type*)
 - Pekerja : 3 orang
- d. *NC Gas Cutting Machine* (FA-11)
- Prosedur pengerjaan :
Material diangkut dengan conveyor → *Set Data* → *N/C Marking* → *N/C Cutting* → *Assorting* dan material diangkut oleh over head crane
 - Total waktu : 0,4647 hr/ton
 - Pekerja : 1 orang
- e. *Flame Planner* (FA-13)
- Prosedur pengerjaan :
Material diangkut dengan conveyor → *Marking* → *Set Gas Torch* → *Cutting (Longitudinal Direction)* → *Assorting* dan material diangkut oleh over head crane
 - Total waktu : 0,87 hr/ton
 - Pekerja : 1 orang
- f. *Profile Marking and Cutting before Bending* (FA-14)

- Prosedur pengerjaan :

Profile diangkat oleh conveyor → *Marking* → *Cutting* → *Assorting* dan diangkat oleh over head crane

- Total waktu : 1,425 hr/ton
- Pekerja : 1 orang

g. *500 Ton Hydraulic Press* (FA-16)

- Prosedur pengerjaan :

Material dimasukan → *Setting of Jig* → *Rough Bend* → *Heating Bend* → *Finishing Bend* → material dibawa keluar

- Total waktu : 1,5 hr/ton
- Pekerja : 3 orang

h. *Frame Bender* (FA-18)

- Prosedur pengerjaan :

Material dimasukan → *Setting* → *Bending* → material dibawa keluar

- Total waktu : 2 hr/ton
- Pekerja : 1 orang

i. *Three Roll Bend Machine* (FA-19)

- Prosedur pengerjaan :

Material dimasukan → pengaturan Jig → *Setting* → *Bending* → *Check* → material dibawa keluar

- Total waktu : 0,3 hr/ton
- Pekerja : 2 orang

j. *1000 Ton Hydraulic Press (FA-20)*

- Prosedur pengerjaan :

Material dimasukkan → pengaturan Jig → *Press* → *Check* → material dibawa keluar

- Total waktu : 1,4 hr/ton
- Pekerja : 2 orang

k. *Manual Marking and Cutting (FA-26A)*

- Prosedur pengerjaan :

Material dimasukkan → *Marking* → *Cutting* → *Assorting* → material dibawa keluar

- Total waktu : 1,97 hr/ton
- Pekerja : 4 orang

l. *Manual Marking and Cutting for Miscellaneous Work (FA-26B)*

- Prosedur pengerjaan :

Material dimasukkan → *Manual Marking* → *Manual Cutting* → *Assorting* dan pengangkutan material

- Total waktu : 0,85 hr/ton
- Pekerja : 3 orang

m. *Profile Manual Cutting after Bending (FA-27)*

- Prosedur pengerjaan :

Setting of Jig → material dimasukkan → *Manual Cutting* → material dibawa keluar



- Total waktu : 1,425 hr/ton
- Pekerja : 2 orang

3.2.4. Menghitung Balance Delay

Balance Delay sering juga disebut *balancing loss*, yaitu ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur yang sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian beban yang kurang sempurna di antara stasiun-stasiun kerja (Dilworth, 1989). *Balance Delay* merupakan waktu menganggur dan biasanya dinyatakan dalam prosentase. Dengan mengetahui besarnya total waktu simulasi, waktu kerja, waktu siklus, dan jumlah stasiun kerja maka akan diketahui besarnya *balance delay* (d) atau kerugian keseimbangan, yaitu :

$$d = \frac{T_w + T_b}{T_t} \quad (\text{biasanya dalam prosen})$$

dimana :

- T_t : Waktu terpasang stasiun kerja
- T_w : Waktu tunggu (*waiting*) stasiun kerja
- T_b : Waktu terblok stasiun kerja
- d : *Balance Delay* atau kerugian keseimbangan adalah merupakan besaran ukuran ketidakefisienan lintasan produksi akibat dari waktu *idle* karena ketidaksempurnaan mengalokasikan kerja stasiun.

Sedangkan besarnya *balance delay* bengkel dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$d = \frac{\sum (T_w + T_b)}{T_t} \quad (\text{biasanya dalam prosen})$$

dimana :

- T_t : Jumlah waktu terpasang bengkel
- T_w : Waktu tunggu (*waiting*) tiap-tiap stasiun kerja
- T_b : Waktu terblok tiap-tiap stasiun kerja

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas maka analisa *line balancing* dan perhitungan *balance delay* pada Bengkel Fabrikasi Lambung dapat diperoleh dengan menjalankan model simulasi dan menghitung setiap perubahan nilai yang terjadi pada setiap stasiun kerja khususnya perhitungan waktu kerja sehingga hasil simulasi tersebut dapat mencerminkan kenyataan yang sebenarnya. Untuk pembahasan tentang metodologi selanjutnya yaitu perancangan dan pembuatan model simulasi akan dijadikan bab tersendiri.

BAB IV
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN
MODEL SIMULASI LINE BALANCING
DENGAN SOFTWARE SIMPLE++

4.1. Perancangan Model Simulasi

4.1.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas perancangan dan pembuatan model simulasi untuk menganalisa keseimbangan lintasan pada proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000 PT. PAL Indonesia. Model simulasi dibuat dengan menggunakan *software* Simple++.

Tujuan perancangan model simulasi ini adalah untuk mempermudah pembuatan model Bengkel Fabrikasi Lambung dan pembuatan algoritma yang dipakai dengan aplikasi *software* Simple++.

Untuk merancang model simulasi proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung, maka hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

1. Pembatasan model simulasi agar pemecahan masalah yang ada menjadi lebih terarah dan tidak melebar mengingat kompleksnya permasalahan dalam industri perkapalan.
2. Merancang skema umum dari model simulasi yang akan dibuat.
3. Merancang masukan data dari model simulasi (*input*).
4. Merancang proses yang terjadi pada saat simulasi berlangsung (*process*)
5. Merancang keluaran hasil dari simulasi yang akan dijalankan (*output*)
6. Menentukan obyek yang tersedia pada *software* Simple++ untuk membangun model simulasi.

Apabila hal-hal di atas telah terpenuhi, maka pembuatan model simulasi dengan menggunakan software Simple++ dapat dimulai.

4.1.2. Pembatasan Model Simulasi

Kesempurnaan dari sebuah pemodelan dan pensimulasian adalah adanya kelengkapan data. Begitu juga dalam pembuatan model simulasi untuk tugas akhir ini, kelengkapan data setiap komponen dari sistem yang akan dimodelkan sangat diperlukan, untuk membangun sebuah model simulasi yang valid. Tetapi juga perlu diperhitungkan tentang begitu banyaknya komponen yang terlibat sehingga perlu adanya pembatasan dari sistem yang akan dianalisa supaya permasalahan tidak melebar dan dapat dipecahkan secara satu per satu. Selain itu, keterbatasan data seperti data operasional, data fisik, dan data karakteristik dari komponen-komponen pendukung akan menjadi permasalahan tersendiri yang dapat mengurangi keakuratan dalam model simulasi yang dibuat. Adapun batasan dari model simulasi yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Material yang diproses di dalam model simulasi ini hanya dibedakan menjadi dua, yaitu pelat dan profil, dengan parameter pengukuran berat berupa satu ton untuk tiap unit. Hal ini dikarenakan data yang didapatkan dari PT. PAL INDONESIA untuk kesediaan material dan karakteristiknya tidak tersedia. Demikian pula tentang hubungan perilaku waktu pengerjaan dengan dimensi pengerjaan fabrikasi di Bengkel Fabrikasi Lambung serta pengaruh faktor tenaga kerja manusia, misalnya hubungan waktu dengan panjang pemotongan dan efisiensi pekerja, dan sebagainya. Pada pengembangan model simulasi lanjutan, keterbatasan ini dapat diatasi dengan adanya kelengkapan data serta dengan melakukan penelitian lanjutan terhadap faktor-faktor tersebut di atas

2. Waktu yang digunakan dalam model simulasi ini adalah waktu pengerjaan baku tiap stasiun kerja yang meliputi beberapa prosedur kerja termasuk *material handling*. Besarnya waktu pengerjaan baku tersebut didasarkan pada perhitungan yang dilakukan oleh pihak Mitsui Co. Ltd. Jepang. Selanjutnya, pada model simulasi ini yang diamati adalah waktu kerja, waktu tunggu, waktu terblok, waktu berhenti, dan total waktu simulasi. Sedangkan waktu terganggu atau waktu rusak tidak dibahas, karena data penentuan perawatan mesin dan waktu mesin rusak setiap stasiun kerja juga tidak tersedia.
3. Efisiensi pada model simulasi ini hanya terbatas pada *balance delay* dari lintasan proses produksi. Sedangkan faktor efisiensi kerja dari pekerja juga tidak dilibatkan mengingat diperlukan suatu penelitian tersendiri untuk memahami perilaku pekerja terhadap faktor-faktor yang mempengaruhinya, misalnya faktor waktu.
4. Waktu terpasang pada model simulasi ini dibatasi pada waktu batas kerja setelah semua permintaan pekerjaan selesai. Hal ini akan menyebabkan pengguna lebih mudah mengamati dan analisa hasil-hasil yang didapatkan dengan menjalankan simulasi ini.

Pembatasan masalah agar pembahasan tidak melebar dan semakin kompleks tentu saja pada akhirnya akan mengakibatkan kurang sempurnanya model simulasi ini. Tetapi dengan penelitian lanjutan dan tersedianya kelengkapan data penunjang maka diharapkan kekurangan model simulasi ini dapat diperbaiki.

4.1.3. Skema Umum Model Simulasi

Penentuan skema umum sangat diperlukan untuk membantu memberikan gambaran awal dalam merancang dan membuat suatu model simulasi yang diinginkan. Pada tugas

akhir ini, skema umum dari model simulasi yang akan dibuat didasarkan pada lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung PT. PAL INDONESIA (Lampiran 1). Dengan demikian, model simulasi ini akan menggambarkan bagaimana lintasan proses produksi bengkel tersebut sesungguhnya. Selanjutnya, berdasarkan lintasan proses produksi tersebut maka terdapat beberapa komponen penting yang saling berhubungan dan saling tergantung antara satu dengan yang lainnya. Komponen dasar tersebut adalah :

1. Stasiun kerja
2. *Buffer*
3. Material

Selain komponen-komponen di atas, terdapat beberapa komponen lainnya yang terkait dengan skema umum dari model simulasi yang akan dibuat yaitu :

1. Data permintaan beban (*input*)
2. Distribusi beban pada jalur lintasan
3. Hasil (*output*)
4. Waktu terpasang, dan lain-lain

Dengan mengacu pada skema umum model simulasi yaitu lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung PT. PAL INDONESIA serta komponen-komponen penunjangnya, maka perancangan model simulasi selanjutnya dapat dilakukan.

4.1.4. Perancangan Masukan Data

Pada awal simulasi diperlukan beberapa masukan data Adapun masukan data (*input*) pada model simulasi ini adalah :

- a. Waktu pengerjaan baku di setiap stasiun kerja.

Waktu pengerjaan baku merupakan waktu yang diperlukan dalam melaksanakan prosedur pengerjaan pada suatu stasiun kerja. Untuk menjalankan simulasi, data-data tentang waktu pengerjaan baku tiap stasiun kerja harus tersedia. Dalam tugas akhir ini waktu pengerjaan baku tiap stasiun kerja telah dijabarkan sebelumnya pada BAB III. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah bahwa waktu pengerjaan baku tiap stasiun kerja dapat berubah karena sebab-sebab tertentu, misalnya karena menurunnya performance mesin. Maka dari itu pembuatan model simulasi yang akan dibuat harus memungkinkan adanya perubahan pada waktu pengerjaan baku tiap stasiun kerja.

b. Data permintaan beban

Sebelum data permintaan beban dibuat, bengkel Fabrikasi Lambung menerima suatu data rencana kerja yaitu data yang berisi target produksi yang ingin dicapai dalam melaksanakan kegiatan produksi. Data tersebut berupa daftar permintaan (*requet list*) yang dibuat tiap bulan dalam *monthly schedule*. Kemudian dengan data tersebut maka baru dapat dibuat data pembagian beban pada tiap stasiun yang dilakukan oleh perencana pekerjaan dari Bengkel Fabrikasi Lambung. Pembagian beban dilakukan agar beban kerja yang diterima di setiap stasiun kerja merata dan tidak terjadi kemacetan lintasan proses produksi. Untuk menjalankan simulasi maka data permintaan beban tersebut harus tersedia. Selanjutnya data tersebut akan ditampung pada suatu tabel bantu dalam model simulasi ini.

c. Distribusi beban pada jalur lintasan

Pada jalur lintasan proses produksi yang memiliki percabangan maka perlu diatur distribusi aliran yang sesuai dengan perilaku proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung. Pembagian beban tersebut dapat didasarkan pada besarnya permintaan pada stasiun kerja tertentu atau berdasarkan alasan-alasan lainnya



sehingga perlu dibuat suatu obyek yang mewakili pembagian beban pada jalur lintasan yang bercabang.

4.1.5. Perancangan Proses Simulasi

Perancangan proses simulasi meliputi komponen-komponen yang berkaitan langsung dengan lintasan proses produksi. Adapun komponen-komponen tersebut adalah:

a. Stasiun kerja

Stasiun kerja adalah pengelompokan sejumlah prosedur kerja yang memiliki keterkaitan hubungan yang erat dalam pelaksanaan kegiatan produksi. Prosedur kerja yang dimaksud dapat berupa material handling, material proses, assorting, dan lain sebagainya. Data yang sangat diperlukan disini adalah :

- Jumlah stasiun kerja pada kegiatan produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung. Adapun jumlahnya berdasarkan data yang diberikan oleh Departemen Suport adalah 13 buah.
- Jenis material yang diproses. Adapun jenis material yang dimodelkan pada model simulasi ini adalah material pelat dan material profil. Untuk pengembangan simulasi lanjutan, maka data-data mengenai karakteristik material yang meliputi berat, bentuk, ukuran dimensi, rute aliran, dan lain-lain akan sangat diperlukan untuk pembuatan model simulasi yang lebih spesifik dan detail.

b. *Buffer*

Buffer adalah tempat penimbunan material sementara. Kegunaannya adalah untuk mencegah terjadinya *bottle neck* pada suatu lintasan proses produksi. Dengan adanya *buffer* maka material dapat disimpan terlebih dahulu sambil menunggu proses

selanjutnya. Hal ini akan dapat mengurangi waktu terblok dari suatu stasiun kerja maupun waktu menunggu. Data yang diperlukan mengenai *buffer* ini adalah :

- Jumlah *buffer* di bengkel Fabrikasi Lambung. Adapun jumlahnya berdasarkan data yang diberikan Departemen Suport adalah 6 buah.
- Kapasitas *Buffer*, yaitu kemampuan buffer menerima beban material. Besarnya kapasitas tiap buffer berdasarkan data dari Departemen Suport adalah sebagai berikut:
 1. *Buffer* untuk pelat setelah melalui proses *blasting* : 60 ton
 2. *Buffer* untuk profil setelah melalui proses *blasting* : 6 ton
 3. *Buffer* untuk profil sebelum *bending* : 4 ton
 4. *Buffer* untuk pelat sebelum pengerjaan khusus : 20 ton
 5. *Buffer* untuk pelat sebelum *bending* : 20 ton
 6. *Buffer* untuk pelat sesudah *marking cutting manual* : 10 ton

c. Material

Pada model simulasi ini material yang diproses didasarkan pada unit berat atau beban (ton). Jadi beban ini merupakan unit yang dikerjakan oleh stasiun kerja yang dialirkan dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja yang lain. Besarnya beban dalam model simulasi ini adalah satu ton untuk satu unit beban. Selanjutnya, pada model simulasi ini terdapat dua jenis beban yaitu beban pelat dan beban profil. Adanya penggolongan dua beban tersebut sesuai dengan data perhitungan waktu pengerjaan yang dilakukan oleh Mitsui. Co. Ltd. Jepang. Selain itu, penggolongan ini juga akan memudahkan pengaturan aliran material yang terjadi serta adanya tingkat kesulitan pengerjaan yang berbeda dari kedua jenis beban tersebut.

4.1.6. Perancangan Keluaran Data

Keluaran data (*output*) pada model simulasi berguna untuk menggambarkan hasil-hasil yang didapatkan dengan menjalankan simulasi tersebut. Untuk itu keluaran data harus dapat diamati baik selama proses simulasi berlangsung maupun setelah proses simulasi selesai. Tampilan data juga harus baik dan mudah dipahami sehingga memudahkan pengamatan.

Pada model simulasi lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung, ada empat tabel perhitungan yang akan dibuat dengan menggunakan konfigurasi yang berbeda sesuai dengan analisa yang dilakukan. Adapun empat tabel analisa dan perhitungan tersebut adalah :

a. Tabel *Line Balancing*

Tabel *line balancing* ini berguna untuk menampilkan gambaran prosentase waktu setiap obyek yang akan diamati sehingga dapat memberikan kemudahan dalam menganalisa keseimbangan lintasan selama proses simulasi berlangsung. Waktu yang diamati tersebut meliputi :

- Waktu kerja
- Waktu tunggu
- Waktu blok
- Waktu berhenti
- Waktu terganggu

Jenis waktu yang telah disebutkan diatas akan dihitung dan selanjutnya ditampilkan prosentasenya terhadap waktu simulasi, kecuali waktu terganggu karena diperlukan suatu penelitian lanjutan untuk memahami perilaku waktu terganggu serta

memodelkannya dalam suatu simulasi untuk tiap stasiun kerja di Bengkel Fabrikasi Lambung tersebut.

b. Tabel Perhitungan *Balance Delay*

Tabel ini berguna untuk mengetahui *balance delay* dari tiap-tiap stasiun kerja, serta *balance delay* dari Bengkel Fabrikasi Lambung yang diamati. *Balance delay* tersebut dipengaruhi oleh waktu simulasi yaitu waktu terpasang dari stasiun kerja, waktu tunggu, dan waktu blok. Nilai *balance delay* yang rendah menunjukkan keseimbangan lintasan produksi yang baik, demikian pula sebaliknya.

c. Tabel Perhitungan Utilitas

Untuk melihat pengaruh keseimbangan lintasan terhadap utilitas dari tiap stasiun kerja serta utilitas bengkel maka dibuat tabel perhitungan utilitas pada model simulasi ini. Dengan adanya tabel perhitungan ini maka pengguna dapat membandingkan hasil berbagai alternatif masukan data, baik dari segi keseimbangan lintasan dengan melihat tabel *line balance* dan perhitungan *balance delay*, ataupun tingkat utilitas yang dihasilkan oleh tabel perhitungan utilitas.

d. Tabel Statistik

Tabel statistik berguna untuk mendafta setiap nilai statistik yang ada pada komponen-komponen dalam lintasan proses produksi. Adapun nilai statistik yang diamati dalam tabel statistik ini ialah:

- Produk, yaitu jumlah unit beban yang telah selesai diproses oleh stasiun kerja tertentu.
- *%AgeOcc*, yaitu merupakan prosentase perbandingan waktu ditempatinya suatu stasiun kerja oleh unit beban terhadap waktu tersedia tanpa melibatkan waktu berhenti dan waktu terganggu.

- *%TAgeOcc*, yaitu merupakan prosentase perbandingan waktu ditempatinya suatu stasiun kerja oleh unit beban terhadap total waktu yang tersedia.
- *%Age_Wa*, yaitu merupakan prosentase waktu tunggu terhadap waktu total
- *Waiting time*, yaitu merupakan jumlah total waktu tunggu
- *%Age_Work*, yaitu merupakan prosentase waktu kerja terhadap waktu total
- *Working time*, yaitu merupakan jumlah total waktu kerja
- *%Age_Blok*, yaitu merupakan prosentase waktu blok terhadap waktu total
- *Blocking time*, yaitu merupakan jumlah total waktu blok
- *%Age_Pause*, yaitu merupakan prosentase waktu berhenti terhadap waktu total
- *Pausing time*, yaitu merupakan jumlah total waktu berhenti
- *Simulation time*, yaitu merupakan jumlah waktu simulasi sampai saat data tersebut diamati.

4.1.7. Pemilihan Obyek Pendukung Model Simulasi

Pemilihan obyek yang tersedia dalam *object library* pada *software* Simple++ untuk membangun model simulasi yang direncanakan harus sesuai dengan komponen-komponen yang telah dijelaskan sebelumnya. Adapun obyek-obyek pada *software* Simple++ dapat dikelompokkan menjadi enam kategori yaitu :

1. *Overview Object*
2. *Material Flow Object*
3. *Movable Material Flow Object*
4. *Information Flow Objects*
5. *Miscellaneous Objects*
6. *Display Objects*

Selanjutnya, penjelasan mengenai pemilihan obyek untuk model simulasi akan dijabarkan menurut enam kategori di atas. Berikut ini adalah obyek-obyek yang dipilih dan dikembangkan untuk model simulasi lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung :

1. *Overview Objec:*

a. *Frame*



Frame adalah elemen dasar untuk semua penentuan obyek dan model. Ini adalah bentuk awal yang tidak dapat dirubah-rubah. *Frame* merupakan suatu ruang sistem yang dapat diisi oleh berbagai macam komponen atau subsistem. Untuk membuat model yang baru, *frame* harus digandakan baru setelah itu dapat dibuka. Kemudian obyek dasar lainnya yang akan dipilih atau didesain dapat dimasukkan ke dalam *frame* sehingga akhirnya menjadi sebuah model dari suatu sistem. Obyek ini digunakan untuk mewakili sistem produksi di bengkel Fabrikasi Lambung, subsistem hasil perhitungan, dan subsistem tampilan hasil.

b. *Connector*



Connector merupakan penentu arah aliran material dan menginformasikan hubungan aliran antara *basic object* dan model. Arah dari hubungan ini ditunjukkan dengan tanda panah yang berada ditengah-tengah *connector*. Obyek ini digunakan untuk menggambarkan aliran material pada model simulasi.

2. Material Flow Object

a. Source



Source merupakan obyek yang menghasilkan *moveable units* (Mus) yaitu *entity*. Disini dapat dibentuk tipe-tipe bagian yang berbeda-beda, satu setelah yang lainnya atau campuran, dapat menentukan waktu pembentukan dan cara menyeleksi tipe MU. Obyek *source* pada model simulasi ini menghasilkan dua jenis *entity* yaitu pelat dan profil.

b. Single Processing Unit (SingleProc)



Single processing unit (*singleproc*) adalah *basic object* yang aktif, ini untuk menerima dan memproses *moveable unit* (MU) tunggal. *Single processing unit* mewakili komponen yang bersifat untuk mengalirkan obyek (*material flow object*). Setiap stasiun kerja akan diwakili oleh obyek *singleproc*. Sedangkan setiap karakteristik stasiun kerja akan dijabarkan lebih lanjut dengan obyek *method*.

c. Buffer



Buffer merupakan tempat penimbunan sementara. *Entity* dapat ditempatkan pada *buffer* untuk menunggu diproses pada stasiun kerja berikutnya. *Entity* juga dapat diatur supaya tidak dapat saling mendahului satu dengan yang lainnya.

d. *FlowControl*



Penggunaan *flowcontrol* adalah untuk pendistribusian model dan penggunaan strategi persimpangan jalan (*junction strategy*). Obyek ini berguna dalam mengaplikasikan pendistribusian beban pada stasiun-stasiun kerja pada jalur lintasan yang bercabang.

e. *Store*



Store adalah tempat penyimpanan *entity* MUs. Disini dapat ditentukan ukuran *store* dalam dimensi X dan Y. Pada model simulasi ini *store* digunakan sebagai tempat persediaan beban yaitu pelat dan profile serta tempat beban yang telah selesai sampai proses akhir pada lintasan proses produksi untuk selanjutnya diteruskan ke tahap berikutnya yaitu tahap SubAssembly.

f. *Drain*



Drain adalah *basic object*. *Drain* ini berisi satu *processing unit* dan akan membuang MUs setelah selesai diproses. Obyek ini dapat mewakili proses

lanjutan dari tahap fabrikasi. Jadi selanjutnya obyek *drain* akan dinamakan sebagai proses *next* untuk memudahkan pemahaman.

3. *Movable Material Flow Object*

Entity



Entity adalah obyek yang bergerak yang tidak mempunyai sistem penggerak sendiri dan merupakan jenis obyek *moveable units* (Mus). *Entity* ini tidak mempunyai kemampuan untuk pemuatan. *Entity* ini merupakan simbol yang cocok untuk produksi atau transportasi. Pada model simulasi ini, obyek *entity* mewakili beban yang mengalir dari satu obyek ke obyek yang lain pada lintasan proses produksi.

4. *Information Flow Objects*

a. *TableFile*



Tablefile menyediakan data dalam dua dimensi. Elemen-elemennya bisa diambil secara tidak beraturan. Penggunaan obyek ini dilakukan baik sebagai masukan data maupun hasil, yaitu berupa tabel *request* yang berisi permintaan beban yang telah diatur oleh perencana pekerjaan, tabel *resource* yang berisi jenis *entity* dan frekuensi produksinya, serta tabel hasil simulasi.

b. *CardFile*



Cardfile menginformasikan tentang aliran obyek. Ini diatur dalam daftar satu dimensi. Beberapa elemen dapat diakses secara langsung dengan menggunakan *method*. Obyek ini digunakan sebagai informasi proses simulasi baik berupa perhitungan data maupun tampilan simulasi.

5. *Miscellaneous Objects*

a. *EventController*



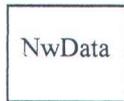
Simple++ adalah suatu *simulator* kejadian yang berbeda-beda. Sebagai contoh, program hanya memeriksa nilai-nilai dalam waktu ketika suatu kejadian terjadi dalam model simulasi. *EventController* mengatur waktu terjadinya simulasi.

b. *Method*



Method dapat digunakan sebagai program untuk menentukan model, menyampaikan kelakuan aliran material dasar obyek dengan menggunakan bahasa program *SimTalk*.

c. *Global Variable*



Nwdata adalah variabel yang menyeluruh yang digunakan untuk menentukan interval tertentu dari suatu perintah kerja. Pada model simulasi ini *nwdata* digunakan untuk menentukan interval tampilan hasil yang harus selalu diubah setiap waktunya.

d. *Dialog*



Penggunaan *dialog* adalah untuk memberikan pola dan definisi ke dalam *dialog window*. Obyek ini digunakan dalam subsistem pembuatan tampilan grafis dari *balancing time*.

6. *Display*

a. *Chart*



Chart merupakan tampilan data dalam bentuk grafik yang dibangun oleh Simple++, dimana akan mempermudah dalam mengartikan dan menghadirkan secara cepat hasil simulasi. Obyek ini digunakan pada model simulasi untuk memperlihatkan keseimbangan lintasan proses produksi yang ada selama waktu

simulasi berdasarkan *working time*, *waiting time*, *blocking time*, *pausing time*, dan *disruption time*.

b. *Plotter*



Plotter mencatat semua rangkaian harga *over time* dan menampilkannya dalam *windows*, disini akan dengan mudah dilihat hubungan antara *value - time*. Obyek ini dapat mencatat dan menampilkan harga-harga suatu kejadian dalam bentuk grafik. Pada model simulasi, *plotter* digunakan sebagai tampilan bantu untuk melihat beban yang telah terselesaikan terhadap waktu, yaitu beban untuk pelat dan beban untuk profil.

Selanjutnya, pemilihan obyek yang telah dijelaskan sebelumnya dapat dikelompokan dalam tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1.

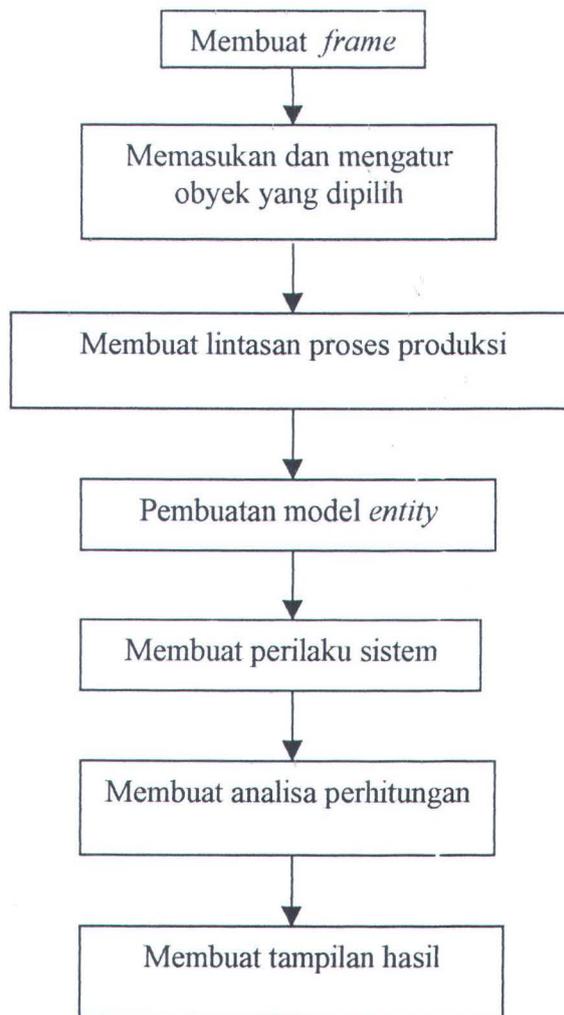
OBJEK	KOMPONEN	JUMLAH
<i>Source</i>	Penyedia material	1
<i>Single Processing Unit</i>	Stasiun kerja	13
<i>Buffer</i>	<i>Buffer</i>	6
<i>Flow Control</i>	Pengatur beban	7
<i>Store</i>	Tempat material	6
<i>Drain</i>	Penghapus material	2
<i>Entity</i>	Beban	2
<i>TableFile</i>	Tabel informasi	7
<i>Card File</i>	Penyimpan data	4
<i>Event Controller</i>	Pengatur waktu simulasi	1
<i>Method</i>	Bahasa program	20
<i>Global Variable</i>	Pengatur interval	4
<i>Dialog</i>	Tampilan <i>windows</i>	1
<i>Chart</i>	Tampilan <i>chart</i>	1
<i>Plotter</i>	Tampilan grafik	1

4.2. Pembuatan Model Simulasi

4.2.1. Tahapan Pembuatan Model Simulasi

Tahapan pembuatan model simulasi dapat digambarkan seperti gambar 4.1. Adapun penjabaran dari masing-masing tahap tersebut adalah sebagai berikut:

1. Membuat *frame* sebagai elemen dasar untuk memasukan obyek dan model. Ini adalah sebuah bentuk awal yang tidak dapat dimodifikasi. Selain sebagai ruang dari sistem utama yang berisikan model simulasi, *frame* juga digunakan sebagai ruang dari subsistem yaitu model analisa simulasi.
2. Memasukan obyek-obyek yang telah dipilih ke dalam *frame*. Setelah semua obyek masuk maka obyek-obyek dapat diatur sedemikian rupa agar model simulasi lebih mudah dipahami. Misalnya obyek-obyek tersebut dapat diatur sesuai dengan *lay out* dari Bengkel Fabrikasi Lambung sehingga memudahkan pengguna dari program ini.
3. Membuat lintasan proses produksi dengan menghubungkan obyek-obyek yang termasuk *Material Flow Object* dengan menggunakan obyek *Connector*. Lintasan proses produksi tersebut juga dapat diatur sedemikian rupa sehingga tampilan model simulasi mudah dimengerti.
4. Membuat model *entity* yang diproduksi oleh *source*. Pembuatan model *entity* dilakukan karena terdapat dua jenis *entity* yang memiliki karakteristik yang berbeda. Dalam tugas akhir ini *entity* hanya dibedakan menjadi dua, yaitu *entity* untuk jenis pelat dan *entity* untuk jenis profil. Selain itu, waktu pendistribusiannya berbeda sehingga diperlukan suatu method yang dapat mengatur perilaku *source* dalam memproduksi *entity*.
5. Membuat perilaku model simulasi lintasan proses produksi. Hal ini dilakukan dengan membuat program *SimTalk* dalam obyek *method*. Selain itu, beberapa obyek juga



Gambar 4.1
Tahap Pembuatan Model Simulasi

menyediakan fasilitas yang dapat dimodifikasi sesuai dengan perilaku obyek yang diinginkan.

6. Pembuatan analisa perhitungan yang digunakan dalam model simulasi. Pembuatan analisa perhitungan tersebut dilakukan dengan membuat *frame* baru sebagai subsistem dari model simulasi utama. Setelah itu obyek-obyek yang akan digunakan dimasukkan dan diatur ke dalam *frame* tersebut. Lalu dibuat algoritma proses analisa model simulasi sehingga hasil sementara dapat ditampilkan pada tabel yang diinginkan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan fasilitas *formula* yang ada pada tabel sehingga didapatkan hasil sebenarnya.
7. Pembuatan tampilan hasil model simulasi. Jika model simulasi lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung ini telah selesai, maka supaya jelas maka dibuat tampilan berbentuk grafik dan *chart*. Tampilan tersebut dapat pula dilihat selama proses simulasi sedang berlangsung.

4.2.2. Tahap Pembuatan Frame Utama

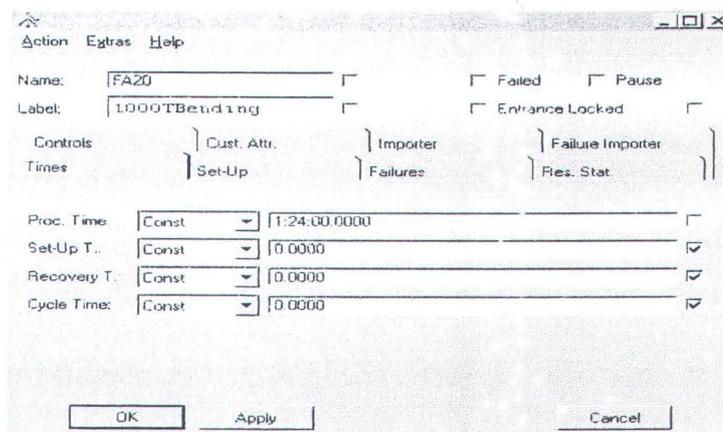
Dalam subbab ini akan dijabarkan pembuatan model simulasi Bengkel Fabrikasi lambung mulai dari tahap pembuatan *frame* sampai dengan tahap pembuatan lintasan proses produksi sehingga *frame* utama selesai. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut :

a. Pembuatan *Frame*

Pembuatan *frame* dilakukan dengan menggandakan obyek *frame* yang ada pada fasilitas *library* dari *software* Simple++. Kemudian *frame* dapat dibuka dan diatur *setting* tampilannya sesuai dengan model yang akan dibuat.

b. Memasukan dan mengatur obyek

Obyek-obyek yang telah dipilih dimasukan ke dalam *frame* yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian obyek-obyek dapat diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembuatan model simulasi. Pada model simulasi dalam tugas akhir ini, pengaturan obyek dalam frame terutama *material flow object* disesuaikan dengan *lay out* Bengkel Fabrikasi Lambung. Obyek-obyek tersebut juga dinamai sesuai dengan komponen yang diwakilinya. Setelah itu waktu pengerjaan baku dari setiap stasiun kerja diisi sesuai dengan data yang ada. Adapun contoh tampilan dari *singleproc* tersebut adalah sebagai berikut :

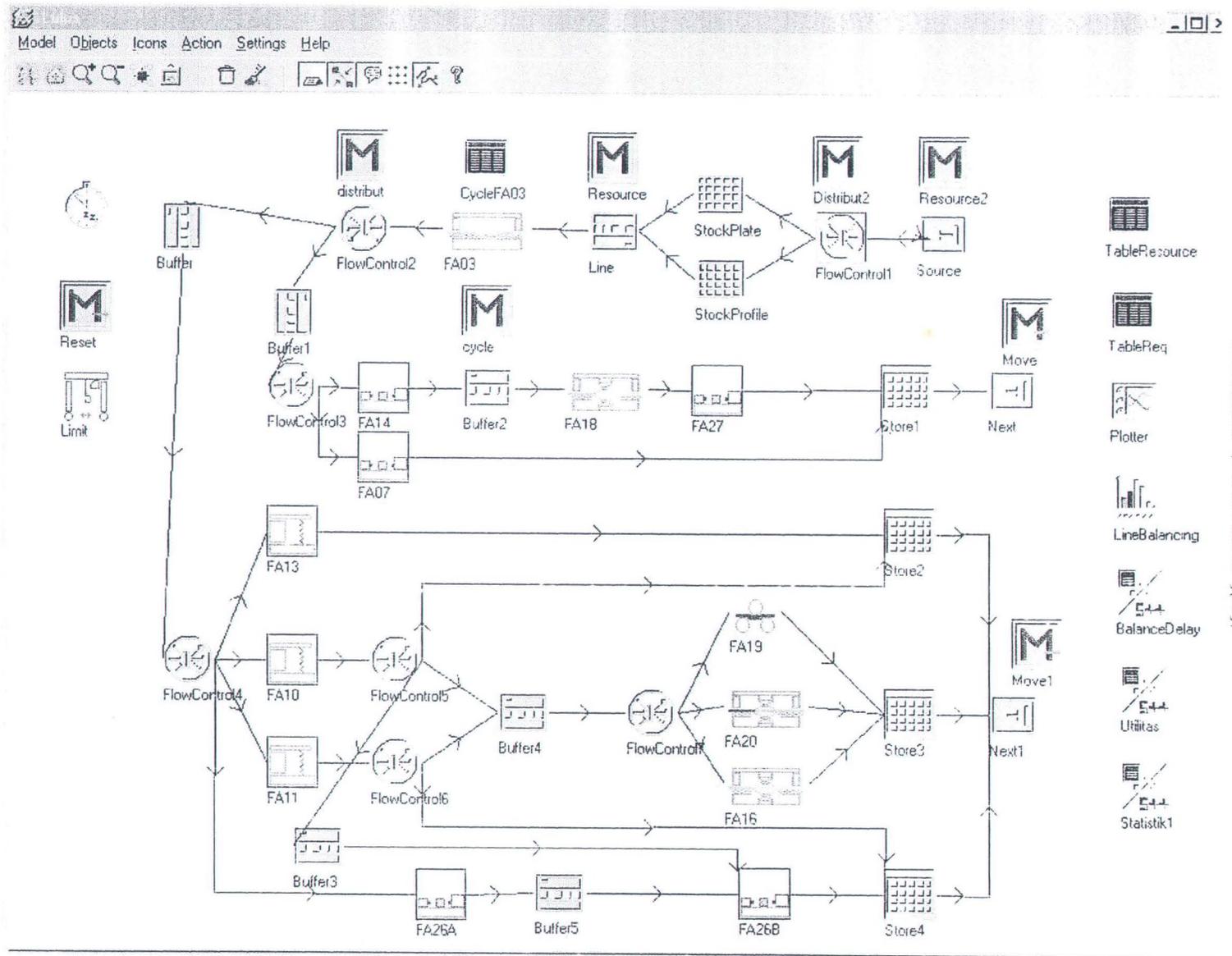


Gambar 4.2
Single Processing Unit

Untuk membedakan beberapa stasiun kerja maka untuk tampilan obyek *singleproc* dibuat sesuai dengan proses yang dilakukan oleh stasiun kerja tersebut, misalnya proses cutting, bending, dan lain-lain.

c. Pembuatan lintasan proses produksi

Pembuatan lintasan proses produksi dilakukan dengan menghubungkan *material flow object* dengan *connector*. Lintasan proses produksi tersebut diatur sedemikian rupa sehingga tampilan model simulasi mudah dimengerti. Hasil dari ketiga tahapan diatas dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini :

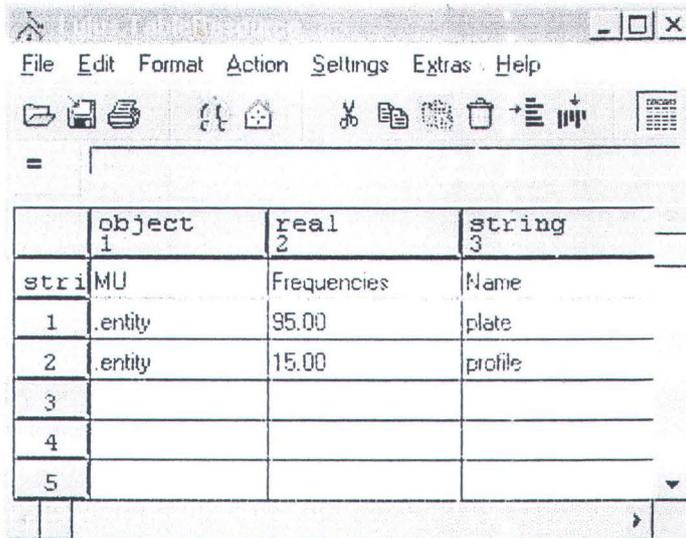


Gambar 4.3
Tampilan Frame Utama

demoLulus2 (740x944x16M).pegrf

4.2.3. Tahap Pembuatan Model Entity

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model *entity* yang dibedakan menjadi dua yaitu pelat dan profil. Selain itu juga diatur frekuensi produksi yang diinginkan dari kedua jenis *entity* tersebut. Proses pembuatannya adalah dengan membuat tabel *resource* yang berisi data yang diinginkan seperti gambar dibawah ini



	object 1	real 2	string 3
stri	MU	Frequencies	Name
1	.entity	95.00	plate
2	.entity	15.00	profile
3			
4			
5			

Gambar 4.4
Tampilan *TableResource*

Kemudian data tabel tersebut dihubungkan dengan obyek *source* yang memproduksi *entity* tersebut. Caranya adalah dengan mengganti *attribute* distribusi dari *source* dengan *method table resource*.

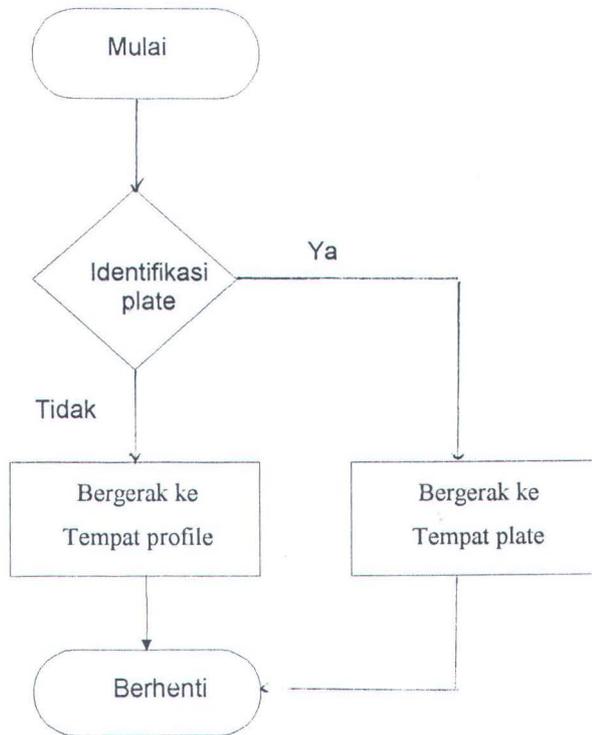
4.2.4. Tahap Pembuatan Perilaku Sistem

Pembuatan perilaku sistem dapat dilakukan dengan obyek *flowcontrol* maupun obyek *method*. Adapun penjelasan pembuatan perilaku sistem tersebut adalah sebagai berikut:

1. Dalam model simulasi ini, pembuatan perilaku sistem dengan menggunakan obyek method dengan bahasa program *SimTalk* digunakan pada beberapa kasus dibawah ini:

- a. Pendistribusian entity untuk pelat dengan entity untuk profil.

Flowchart bahasa program *Simtalk* dapat digambarkan sebagai berikut :



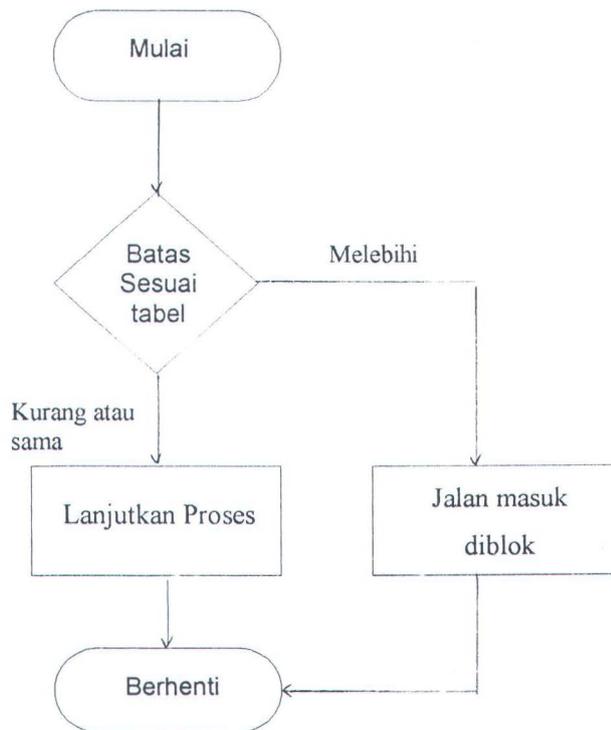
Gambar 4.5
Flowchart distribusi material

Algoritma dari flowchart di atas, adalah sebagai berikut :

```
Is
do
  if @.name="plate"
  then @.move(StockPlate); -- lokasi pelat
  else @.move(StockProfile); -- lokasi profil
  end;
end;
```

- b. Pembatasan jumlah *entity* yang masuk ke obyek sesuai dengan permintaan yang diminta pada tiap-tiap obyek.

Flowchart bahasa program *Simtalk* dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.6
Flowchart batas entity

Algoritma dari flowchart di atas dapat dijabarkan dalam dua method yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dalam model simulasi ini sebagai berikut :

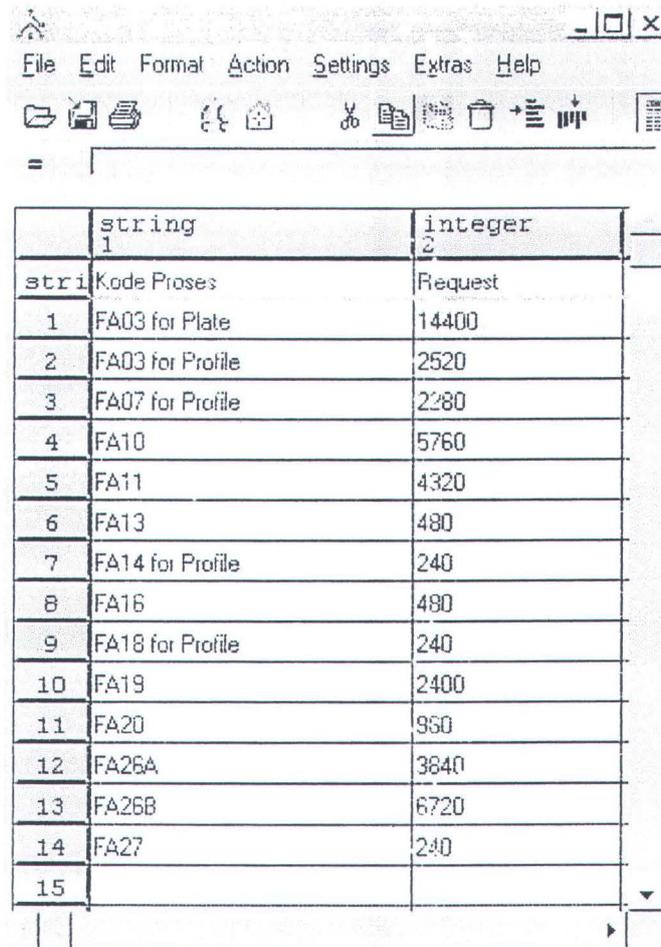
- ```

-- Lulus.Resource (untuk persediaan material)
 is
 do
 if Stockplate.numOut<tableReq[2,1] then @.move(Line);
 if Stockplate.numOut>tableReq[2,1]-1 then Stockplate.pause;
 end;
end;
-- Lulus.Limit (untuk material flow object)
 is

```

```
do
 if ?.numOut<tableReq[2,1] then @.move(Line);
 if ?.numOut>tableReq[2,1]-1 then ?.entranceblocked:=true;;
end;
end;
```

Berdasarkan kebutuhan perilaku tersebut di atas maka diperlukan masukan data tentang batas *entity* di obyek tertentu pada model simulasi. Untuk itu dibuat tabel permintaan (*TableReq*) yang mengatur jumlah *entity* yang diminta pada waktu simulasi tertentu. Adapun *TableReq* yang dibuat dapat ditampilkan adalah sebagai berikut :



|      | string<br>1      | integer<br>2 |
|------|------------------|--------------|
| stri | Kode Proses      | Request      |
| 1    | FA03 for Plate   | 14400        |
| 2    | FA03 for Profile | 2520         |
| 3    | FA07 for Profile | 2280         |
| 4    | FA10             | 5760         |
| 5    | FA11             | 4320         |
| 6    | FA13             | 480          |
| 7    | FA14 for Profile | 240          |
| 8    | FA16             | 480          |
| 9    | FA18 for Profile | 240          |
| 10   | FA19             | 2400         |
| 11   | FA20             | 960          |
| 12   | FA26A            | 3840         |
| 13   | FA26B            | 6720         |
| 14   | FA27             | 240          |
| 15   |                  |              |

Gambar 4.7  
*Table Request*

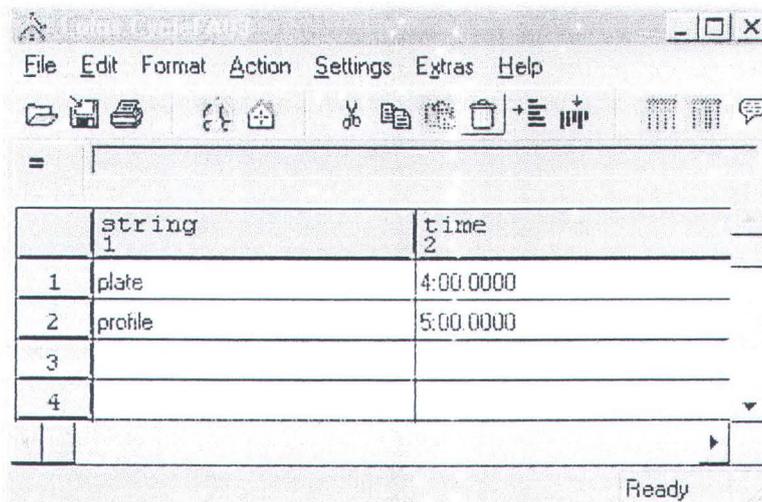
- c. Pengaturan waktu pengerjaan baku untuk dua jenis *entity* pada stasiun kerja FA03.

Hal ini dilakukan karena ada perbedaan waktu pengerjaan baku terhadap *entity plate* dan *entity profile*.

Algoritma pada perilaku ini adalah sebagai berikut :

```
is
do
 if @.Name = "plate"
 then result := 240;
 else result := 300;
 end;
end;
```

Selanjutnya, dibuat tabel yang berisikan waktu baku pengerjaan tiap *entity* seperti di bawah ini :



|   | string<br>1 | time<br>2 |
|---|-------------|-----------|
| 1 | plate       | 4:00.0000 |
| 2 | profile     | 5:00.0000 |
| 3 |             |           |
| 4 |             |           |

Gambar 4.8  
Table Cicle

- d. Pemanggilan *entity* pada *store* yang dilakukan karena *store* tidak memiliki kemampuan untuk mendistribusikan *entity* sendiri. Contoh algoritma pemanggilan *entity* tersebut adalah seperti di bawah ini :

```
is
```

```
do
 @.move(next1);
end;
```

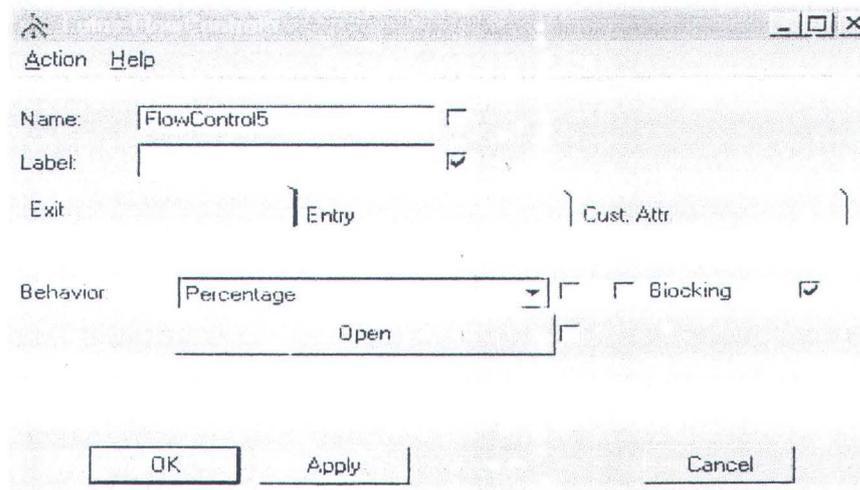
- e. Menghapus *moveable units*, membuka jalur blok, dan meniadakan kondisi berhenti stasiun kerja (*pause*) setelah simulasi selesai saat prosedur *reset* pada obyek *event controller* dipanggil.

Algoritma dari prosedur diatas adalah sebagai berikut :

```
is
do
 deletemovables;
 FA03.entrancelocked:=false;
 FA07.entrancelocked:=false;
 FA10.entrancelocked:=false;
 FA11.entrancelocked:=false;
 FA13.entrancelocked:=false;
 FA14.entrancelocked:=false;
 FA16.entrancelocked:=false;
 FA18.entrancelocked:=false;
 FA19.entrancelocked:=false;
 FA20.entrancelocked:=false;
 FA26A.entrancelocked:=false;
 FA26B.entrancelocked:=false;
 FA27.entrancelocked:=false;
 ?.entrancelocked:=false;
 ?.pause:=false;
end;
end;
```

2. Dalam model simulasi ini, pembuatan perilaku sistem dengan menggunakan obyek *flowcontrol* digunakan untuk distribusi *entity* yang berbeda jenis maupun membagi

beban pada percabangan jalur pada lintasan produksi. Adapun tampilan dari obyek *flowcontrol* tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.9  
Tampilan *Flowcontrol*

Sedangkan masukan harga prosentase dalam pendistribusian beban dilakukan pada tabel *flowcontrol* seperti di bawah ini :

|   | real  |
|---|-------|
|   | 1     |
| 1 | 50.00 |
| 2 | 25.00 |
| 3 | 25.00 |
| 4 |       |
| 5 |       |

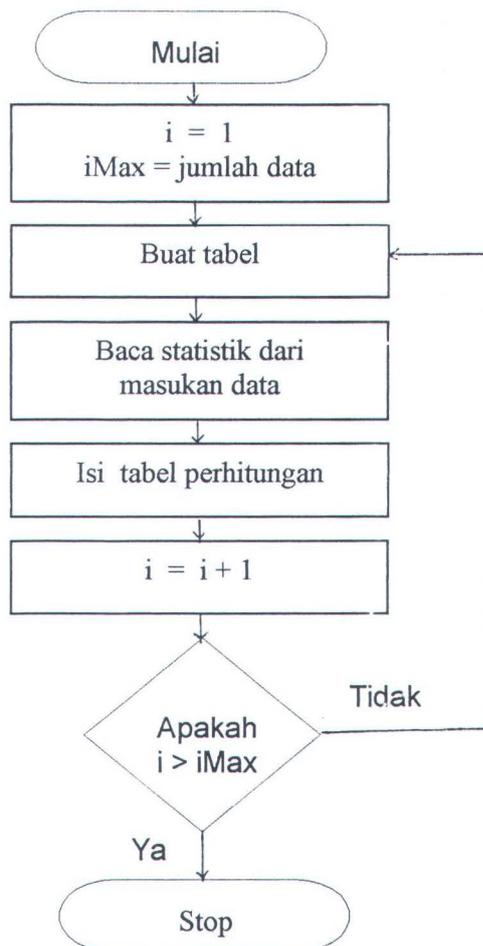
Gambar 4.10  
Tampilan tabel *flowcontrol*

Pembagian beban ini dapat diubah sesuai dengan kebutuhan sehingga didapatkan alternatif pembagian beban yang terbaik dengan cara menjalankan simulasi ini.

#### 4.2.4. Tahap Pembuatan Tabel Analisa dan Perhitungan

Dalam pembuatan tabel perhitungan pada model simulasi ini, terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan, yaitu :

1. Membuat subsistem baru di luar *frame* utama. Hal ini untuk memudahkan pembuatan konfigurasi subsistem yang akan dibuat. Caranya adalah dengan menggandakan *frame* pada *object library* lalu *frame* yang baru dibuat tersebut dapat dibuka dan diisi dengan obyek-obyek yang dibutuhkan.
2. Membuat algoritma untuk keluaran data (output) simulasi pada tabel yang akan dibuat. Adapun algoritmanya adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 11  
Flowchart pembuatan tabel

Berdasarkan *flowchart* di atas maka pada tiap *frame* untuk masing-masing tabel dibuat suatu method untuk menerjemahkan *flowchart* tersebut dengan menggunakan bahasa program *Simtalk*. Adapun *method* pada tiap tabel tersebut adalah sebagai berikut :

a. *Method* untuk tabel analisa *line balancing* :

```
is
local tab : table;
i, iMax : integer;
do
 from
 i := 1;
 iMax := resourceList.dim;
 until i > iMax
 loop
 tab.create;
 ResourceList.read(i).statistics(tab);
 stateL[0,i] := ResourceList.read(i).name;
 stateL[1,i] := tab[14,1];
 stateL[2,i] := tab[19,1];
 stateL[3,i] := tab[24,1];
 stateL[4,i] := tab[29,1];
 stateL[5,i] := tab[34,1];
 i := i + 1;
 end;
 stateChart.update;
 ref(self).methCall(sampleInterval);
end;
```

b. *Method* untuk tabel perhitungan *balance delay*:

```
is
local tab : table;
i, iMax : integer;
```

```
do
 from
 i := 1;
 iMax := resourceList.dim;
 until i > iMax
 loop
 tab.create;
 ResourceList.read(i).statistics(tab);
 TabelBDelay [0,i] := ResourceList.read(i).name;
 TabelBDelay [1,i] := tab[2,1];
 TabelBDelay [2,i] := tab[21,1];
 TabelBDelay [3,i] := tab[16,1];
 TabelBDelay [4,i] := tab[26,1];
 i := i + 1;
 end;
 ref(self).methCall(sampleInterval);
end;
```

c. *Method* untuk tabel perhitungan utilitas :

```
is
local tab : table;
i, iMax : integer;
do
 from
 i := 1;
 iMax := resourceList.dim;
 until i > iMax
 loop
 tab.create;
 ResourceList.read(i).statistics(tab);
 TabelUtilitas [0,i] := ResourceList.read(i).name;
 TabelUtilitas [1,i] := tab[2,1];
 TabelUtilitas [2,i] := tab[21,1];
 TabelUtilitas [3,i] := tab[16,1];
```

```
TabelUtilitas [4,i] := tab[26,1];
 i := i + 1;
end;
ref(self).methCall(sampleInterval);
end;
```

d. *Method* untuk tabel statistik :

```
is
 local tab : table;
 i, iMax : integer;
do
 from
 i := 1;
 iMax := resourceList.dim;
 until i > iMax
 loop
 tab.create;
 ResourceList.read(i).statistics(tab);
 TabelStatistik [0,i] := ResourceList.read(i).name;
 TabelStatistik [1,i] := tab[5,1];
 TabelStatistik [2,i] := tab[10,1];
 TabelStatistik [4,i] := tab[11,1];
 TabelStatistik [6,i] := tab[14,1];
 TabelStatistik [7,1] := tab[16,1];
 TabelStatistik [8,i] := tab[19,1];
 TabelStatistik [9,i] := tab[21,1];
 TabelStatistik [10,i] := tab[24,1];
 TabelStatistik [11,i] := tab[26,1];
 TabelStatistik [12,i] := tab[34,1];
 TabelStatistik [13,i] := tab[36,1];
 TabelStatistik [18,i] := tab[2,1];
 i := i + 1;
 end;
 ref(self).methCall(sampleInterval);
end;
```

### 3. Pembuatan *tablefile*

*Tablefile* merupakan obyek yang dapat digunakan untuk menampung data-data statistik dari *material flow object* selama proses simulasi berjalan. Masukan data tersebut diatur oleh algoritma yang telah dibuat. Setelah itu digunakan fasilitas *formula* untuk perhitungan data yang masuk sehingga secara langsung dapat memberikan hasil yang diinginkan. Fasilitas formula disediakan pada obyek *tablefile*. Tabel yang menggunakan fasilitas *formula* tersebut adalah tabel perhitungan balance delay dan tabel perhitungan utilitas. Contoh dari tampilan tabel serta penggunaan formula tersebut adalah sebagai berikut :

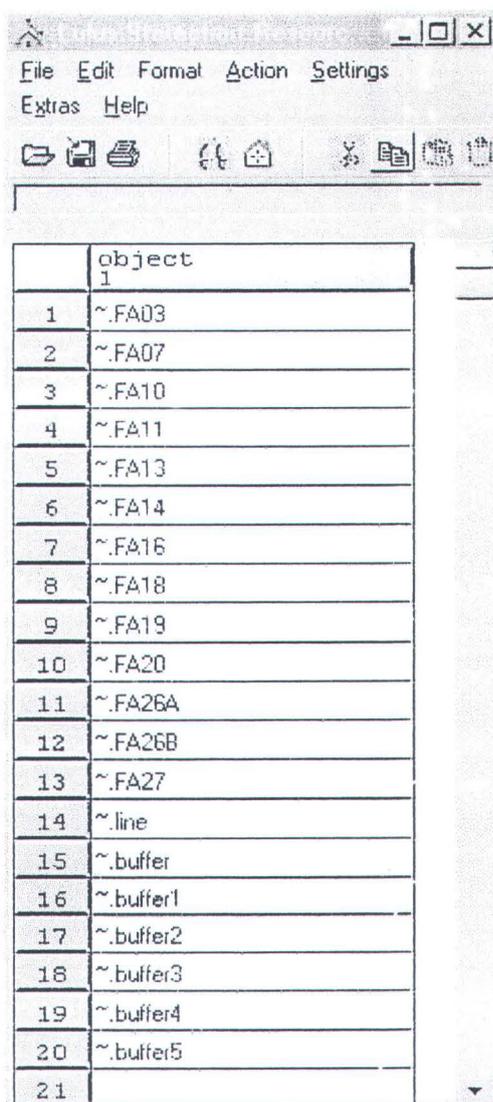
|      | string<br>0   | real<br>1             | real<br>2             | real<br>3             | real<br>4             | real<br>5               |
|------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| stri | Stasiun Kerja | TTotal                | TWork                 | TWait                 | TBlok                 | Balance Delay           |
| 1    | FA03          |                       |                       |                       |                       | $[(3.1)+(4.1)]/71.1$    |
| 2    | FA07          |                       |                       |                       |                       | $[(3.2)+(4.2)]/71.2$    |
| 3    | FA10          |                       |                       |                       |                       | $[(3.3)+(4.3)]/71.3$    |
| 4    | FA11          |                       |                       |                       |                       | $[(3.4)+(4.4)]/71.4$    |
| 5    | FA13          |                       |                       |                       |                       | $[(3.5)+(4.5)]/71.5$    |
| 6    | FA14          |                       |                       |                       |                       | $[(3.6)+(4.6)]/71.6$    |
| 7    | FA16          |                       |                       |                       |                       | $[(3.7)+(4.7)]/71.7$    |
| 8    | FA18          |                       |                       |                       |                       | $[(3.8)+(4.8)]/71.8$    |
| 9    | FA19          |                       |                       |                       |                       | $[(3.9)+(4.9)]/71.9$    |
| 10   | FA20          |                       |                       |                       |                       | $[(3.10)+(4.10)]/71.10$ |
| 11   | FA26A         |                       |                       |                       |                       | $[(3.11)+(4.11)]/71.11$ |
| 12   | FA26B         |                       |                       |                       |                       | $[(3.12)+(4.12)]/71.12$ |
| 13   | FA27          |                       |                       |                       |                       | $[(3.13)+(4.13)]/71.13$ |
| 14   |               | $?sum([1.1], [1.13])$ | $?sum([2.1], [2.13])$ | $?sum([3.1], [3.13])$ | $?sum([4.1], [4.13])$ | $[(3.14)+(4.14)]/71.14$ |

Gambar 4.11  
*Tablefile dan formula*

### 4. Membuat *cardfile*

*Cardfile* pada tahap ini digunakan sebagai sumber data obyek yang akan diamati serta data warna yang digunakan untuk mewakili waktu yang akan

ditampilkan. Untuk *cardfile* sebagai sumber data, obyek yang terdapat pada *cardfile* diamati sesuai dengan algoritma yang telah dibuat dengan selama sepanjang waktu simulasi. Obyek tersebut merupakan *material flow object* yang akan memiliki nilai-nilai statistik ketika simulasi dijalankan. Selanjutnya, pada frame untuk analisa perhitungan ini obyek *cardfile* diberi nama *resourcelist* Sedangkan untuk *cardfile* sebagai data warna disebut dengan *colorfile*. Contoh tampilan dari *cardfile* tersebut adalah sebagai berikut :



|    | object    |
|----|-----------|
| 1  | ~.FA03    |
| 2  | ~.FA07    |
| 3  | ~.FA10    |
| 4  | ~.FA11    |
| 5  | ~.FA13    |
| 6  | ~.FA14    |
| 7  | ~.FA16    |
| 8  | ~.FA18    |
| 9  | ~.FA19    |
| 10 | ~.FA20    |
| 11 | ~.FA26A   |
| 12 | ~.FA26B   |
| 13 | ~.FA27    |
| 14 | ~.line    |
| 15 | ~.buffer  |
| 16 | ~.buffer1 |
| 17 | ~.buffer2 |
| 18 | ~.buffer3 |
| 19 | ~.buffer4 |
| 20 | ~.buffer5 |
| 21 |           |

Gambar 4.12  
Tampilan *cardfile*

## 5. Membuat *NwData*

*Nwdata* dibuat dengan cara menggandakan obyek *nwdata* yang terdapat pada object library lalu memasukannya ke dalam *frame* yang baru. Tujuan pembuatan *nwdata* ini adalah untuk mengatur selang waktu dalam meng-*update* data. Apabila *nwdata* telah dimasukkan ke dalam *frame* baru maka dapat diatur waktu selang yang diinginkan dalam melakukan pengamatan.

## 6. Membuat *method* tambahan

*Method* tambahan digunakan untuk penghapusan data dan penghubung antara *frame* yang baru dibuat dengan *frame* utama. *Method* tersebut adalah :

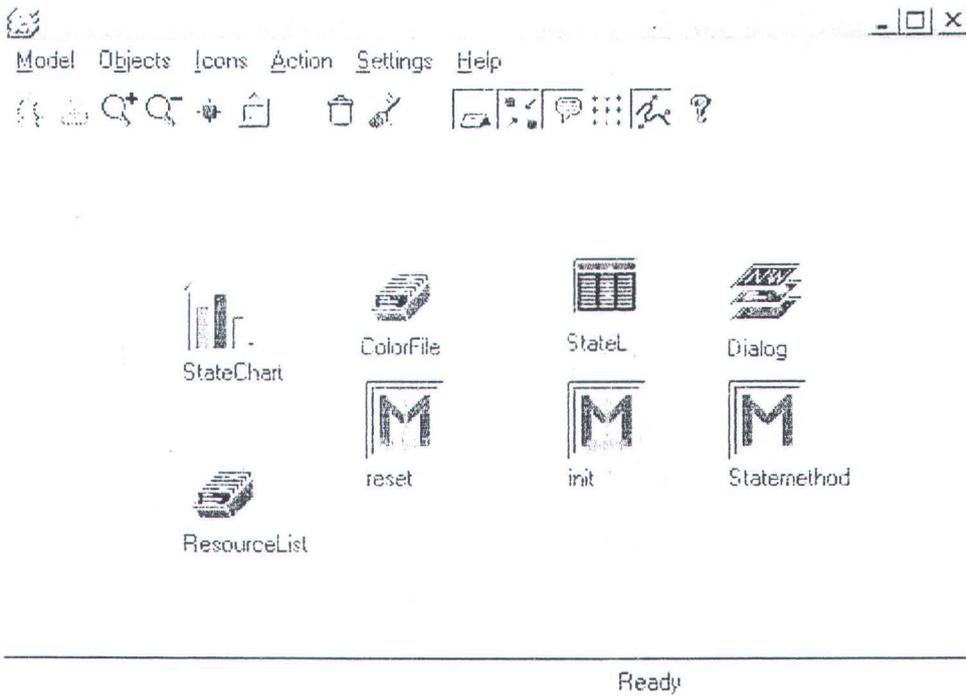
### a. *Method reset* -- untuk tabel analisa *line balancing*

```
is
do
 StateL.delete;
 stateChart.update;
end;
```

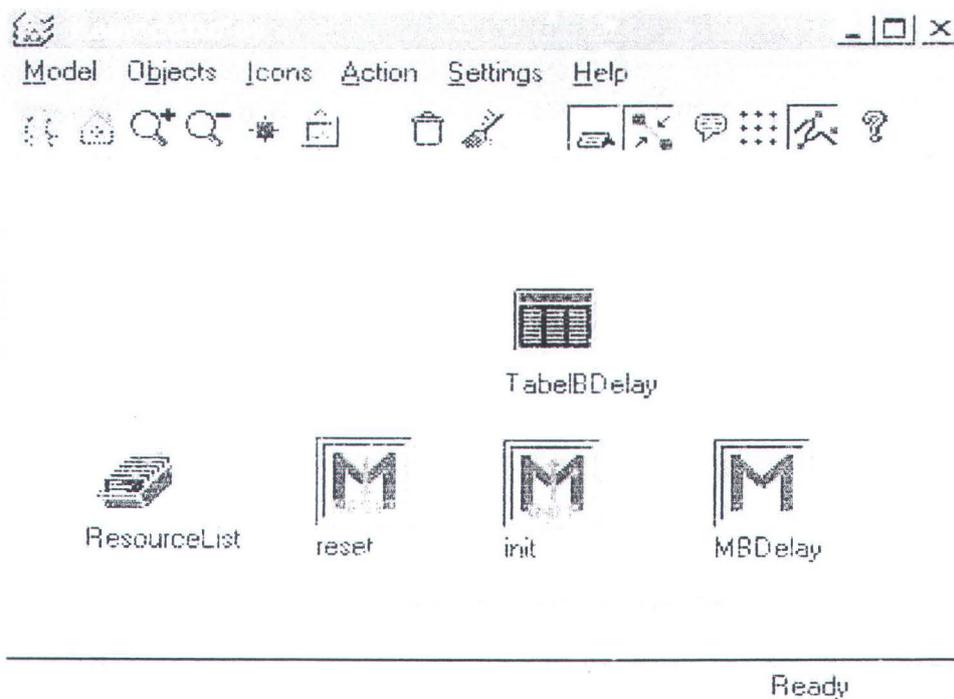
### b. *Method init* --- untuk tabel analisa *line balancing*

```
is
do
 stateChart.colorMap.insertList(1,1,ColorFile.copy);
 StateMethod;
end;
```

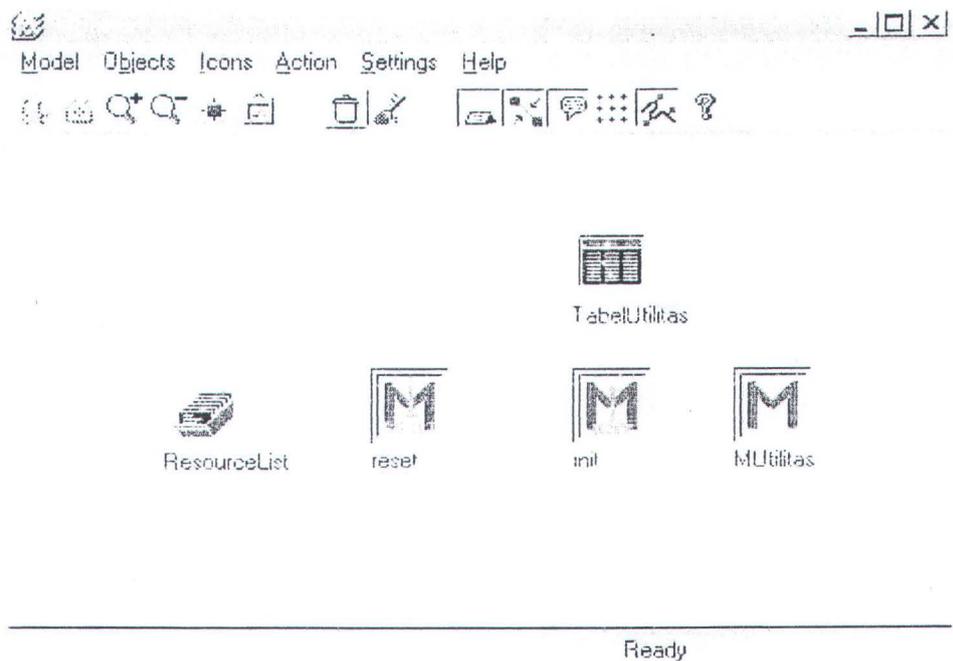
Dari penjabaran proses pembuatan tabel perhitungan di atas maka akan didapatkan sebuah *frame* baru yang terpisah dari *frame* utama. Pada model simulasi ini terdapat empat *frame* baru yang berisi keempat tabel analisa perhitungan. Adapun tampilan dari keempat *frame* baru tersebut adalah sebagai berikut:



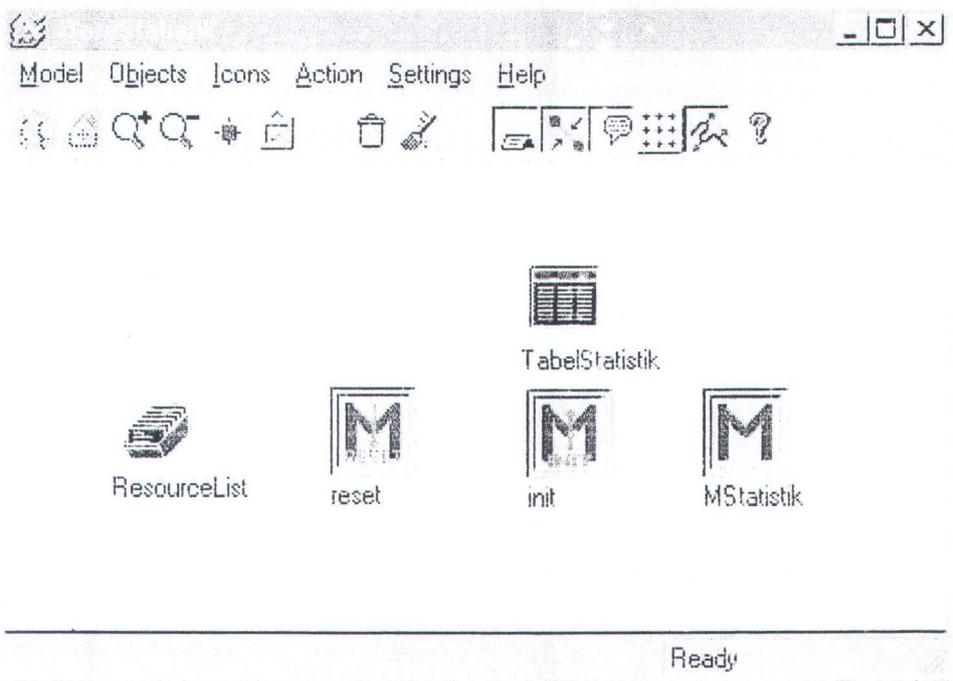
Gambar 4.13  
Frame tabel analisa *line balancing*



Gambar 4.14  
Frame tabel perhitungan *balance delay*



Gambar 4.15  
Frame tabel perhitungan utilitas



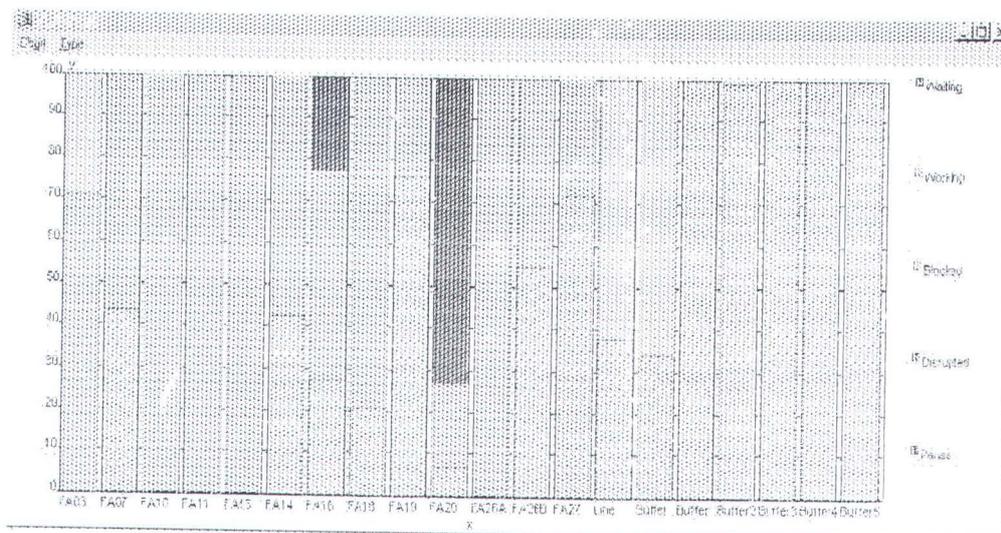
Gambar 4-16  
Frame tabel statistik

#### 4.2.5. Tahap Pembuatan Tampilan Hasil Simulasi

Pada model simulasi lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung ini terdapat beberapa keluaran data. Selanjutnya, keluaran data tersebut dapat ditampilkan pada suatu tabel hasil yang sebelumnya telah dijelaskan. Selain keluaran data berupa tabel tersebut, pada model simulasi ini ada dua tampilan yang dapat menunjukkan keluaran hasil, yaitu *statechart* dan *plotter*. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut :

##### a. *Statechart*

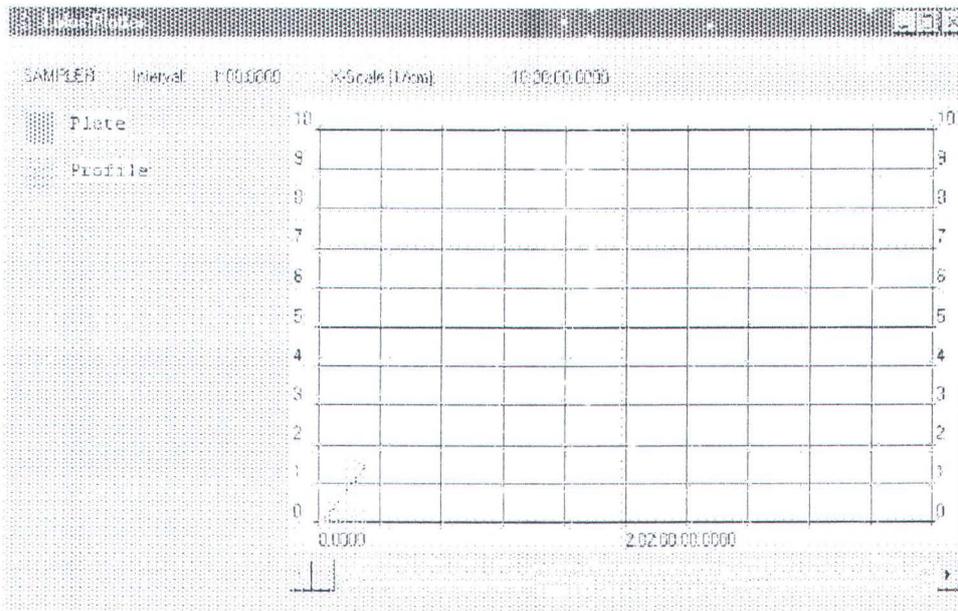
*Statechart* merupakan hasil modifikasi dari obyek *chart* yang ada pada *software* Simple++. Tujuan dari pembuatan *statechart* ini adalah untuk memperlihatkan tampilan hasil berupa *chart* dari prosentase waktu tertentu dari setiap stasiun kerja pada Bengkel Fabrikasi Lambung. Dengan adanya tampilan *chart* tersebut maka keseimbangan lintasan suatu proses produksi dapat dilihat lebih baik daripada hanya berupa angka-angka dan tampilan ini diharapkan dapat memudahkan analisa line balancing selama simulasi berlangsung. Adapun contoh tampilan dari *statechart* tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.17  
Tampilan *statechart*

**b. *Plotter***

Tujuan pembuatan tampilan dengan *plotter* adalah untuk menunjukkan grafik besarnya unit yang telah dihasilkan oleh bengkel Fabrikasi Lambung terhadap waktu. Dengan adanya tampilan grafik maka diharapkan pengguna dapat lebih mudah melihat serta memprediksi hasil selanjutnya terhadap waktu. Adapun tampilan dari *plotter* tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.18  
Tampilan *plotter*

**4.2.5. Tahap Penyelesaian**

Pada tahap ini semua komponen yang dibuat dicek kembali dengan mengklik obyek-obyek yang mewakilinya dan memeriksa detail atribut masing-masing. Untuk obyek yang memiliki perilaku khusus dan terhubung dengan *method* maka kontrol *entry* atau *exit* harus dihubungkan dengan tepat. Setelah itu, subsistem berupa frame yang memuat tabel analisa dan perhitungan dimasukkan ke dalam frame utama. Untuk menghubungkan frame baru tersebut maka tombol *init* pada *eventcontroller* harus ditekan.

Setelah itu simulasi dapat dicoba untuk dijalankan. Apabila tidak ada pesan error pada layar maka model simulasi dapat dinyatakan berjalan dengan lancar dan baik. Tetapi perlu diingat bahwa model simulasi tersebut harus melalui uji validitas agar dapat dinyatakan sebagai model simulasi yang valid.

---

**BAB V****PELAKSANAAN SIMULASI****DAN ANALISA HASIL****5.1. Pelaksanaan Simulasi****5.1.1. Tahap Awal Simulasi**

Pada tahap awal simulasi ini diperlukan beberapa masukan data yang berupa :

a. Data permintaan beban untuk tiap stasiun

Data ini dibuat oleh perencana pekerjaan dengan memperhatikan *monthly schedule* yang telah dibuat sebelumnya. Dengan mendistribusikan beban pekerjaan pada masing-masing stasiun kerja diharapkan kegiatan produksi yang akan dilaksanakan akan mencapai target yang diinginkan dengan optimal. Pembagian distribusi tersebut harus merata dan sesuai dengan kemampuan kerja dari masing-masing stasiun kerja. Dengan bantuan program simulasi ini maka perencana pekerjaan akan dapat memprediksi hasil yang akan dicapai untuk pendistribusian beban yang direncanakan.

b. Waktu simulasi

Waktu simulasi pada program ini dapat ditentukan oleh pengguna seia-mungkinan sesuai dengan waktu simulasi yang ingin dijalankan. Tetapi pemilihan waktu simulasi yang tepat akan memberikan hasil yang lebih valid dan bermanfaat. Pada analisa line balancing ini waktu simulasi dikaitkan dengan waktu terpasang dari Bengkel Fabrikasi Lambung.

c. Waktu baku tiap stasiun kerja

Sebenarnya waktu baku tiap stasiun kerja dalam program simulasi ini telah ditentukan sebelumnya yaitu berdasarkan perhitungan sebelumnya (BAB III). Tetapi hal tersebut tidak menutup kemungkinan bagi pengguna program ini untuk mengubah waktu baku tiap stasiun kerja. Perubahan dapat dilakukan untuk meningkatkan kelancaran lintasan produksi dan utilitas dari Bengkel Fabrikasi Lambung. Selain itu perubahan waktu baku juga dapat disebabkan karena menurunnya kemampuan mesin dari stasiun kerja tersebut ataupun karena sebab-sebab lainnya. Dengan adanya kemudahan mengisi waktu baku tersebut maka diharapkan program simulasi ini memiliki fleksibilitas pemakaian yang tinggi.

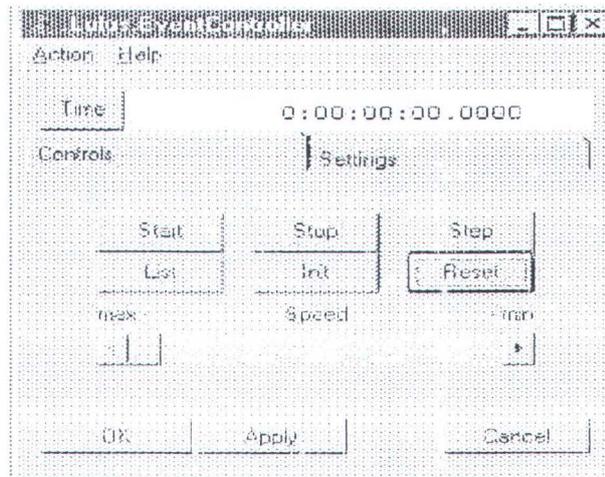
d. Data distribusi aliran produksi

Pembagian beban pada jalur lintasan bercabang dapat dilakukan dengan memasukan harga yang diinginkan untuk masing-masing jalur pada tabel *flowcontrol*. Pembagian tersebut berdasarkan nilai prosentase untuk masing-masing jalur. Selain itu pembagian aliran pada jalur lintasan yang bercabang dapat diatur dengan dua tipe, yaitu:

- Tipe menerus, artinya aliran produksi akan berjalan sesuai dengan jalur lintasan dengan nilai prosentase yang tertinggi, dan apabila jalur tersebut sibuk maka aliran produksi akan bergerak pada jalur lintasan dengan nilai prosentase tertinggi kedua. Dan apabila jalur lintasan yang kedua juga sibuk maka aliran produksi akan bergerak ke jalur lintasan dengan nilai prosentase tertinggi ketiga dan begitu seterusnya.
- Tipe menunggu, artinya aliran produksi harus bergerak pada jalur lintasan dengan nilai prosentase tertinggi setelah itu baru jalur lintasan berikutnya. Apabila

lintasan dengan nilai prosentase tertinggi tersebut sibuk maka aliran produksi akan berhenti untuk menunggu jalur lintasan tersebut terbuka.

- e. Membuka *eventcontroller* yang ada di dalam frame utama dan mengatur kecepatan simulasi yang diinginkan. Setelah semua masukan tersedia maka program simulasi dapat dijalankan dengan menekan tombol start. Adapun tampilan dari *eventcontroller* adalah sebagai berikut :



Gambar 5.1  
Tampilan eventcontrolier

### 5.1.2. Tahap Selama Simulasi Berjalan

Pada saat simulasi sedang berlangsung kita dapat melihat *entity* bergerak pada lintasan yang telah dibuat pada model simulasi. Berjalannya *entity* tersebut sesuai dengan perilaku aliran yang telah diatur sebelumnya. Selain itu, keluaran hasil juga dapat dilihat selama proses simulasi berlangsung, tetapi hal tersebut akan menyebabkan proses simulasi berjalan lebih lambat. Perubahan-perubahan nilai pada keluaran hasil akan terjadi sejalan dengan bertambahnya waktu. Adapun tampilan yang disediakan pada program simulasi ini adalah :

- a. Tampilan *chart*, yaitu tampilan prosentase waktu pada tiap-tiap stasiun kerja serta *buffer*.
- b. Tampilan *plotter*, yaitu grafik jumlah pelat dan profil yang telah selesai dikerjakan oleh Bengkel Fabrikasi Lambung.
- c. Tampilan tabel analisa *line balancing*.
- d. Tampilan tabel perhitungan *balance delay*.
- e. Tampilan tabel utilitas.
- f. Tampilan tabel statistik.

### 5.1.3. Tahap Berakhirnya Simulasi

Untuk menghentikan simulasi yang sedang berjalan, cukup dengan menekan tombol *stop* pada *eventcontroller*. Setelah itu simulasi akan berhenti dan hasil simulasi yang diinginkan dapat dilihat pada tampilan-tampilan yang telah dijabarkan sebelumnya. Hasil tersebut dapat disimpan dalam bentuk *file* dengan berbagai macam format, misalnya dalam bentuk *text* ataupun *object* yang nantinya dapat dibuka dengan *software-software* lainnya. Apabila hasil tersebut telah tersimpan maka untuk mengulang kembali simulasi kita dapat menekan tombol *reset* pada *eventcontroller*.

### 5.1.4. Uji Validitas

Pada model simulasi yang telah dibuat ini dilakukan uji validitas terhadap hasil prediksi model simulasi setiap bulannya selama enam bulan berturut-turut yaitu mulai bulan Februari 1999 sampai dengan bulan Juli 1999. Tenggang waktu tersebut dipilih karena selama tenggang waktu tersebut terdapat kelayakan data yang dapat dijadikan subyek dalam pengujian validitas. Pengujian tersebut dilakukan untuk waktu kerja dari

---

masing-masing stasiun kerja yang dihubungkan dengan data pemakaian jam mesin peralatan penunjang bengkel Fabrikasi Lambung PT. PAL INDONESIA. Sedangkan hasil produk dari model simulasi adalah sama dengan permintaan beban yang diminta, dan hasil produk tersebut valid. Adapun perhitungan uji validitas model simulasi ini telah dilampirkan pada bagian akhir dari tugas akhir ini. Sedangkan hasil pengujian validitas tersebut dapat dilihat pada tabel 5.1. Dari hasil pengujian tersebut maka model simulasi dapat dikatakan valid dengan melihat prosentase dari nilai simulasi (prediksi) dan nilai kenyataan (jam mesin) yang memiliki nilai tenggang sekitar 10 %. Selain itu terlihat bahwa nilai yang dihasilkan merata di setiap waktu pengujian. Angka korelasi yang ditunjukkan juga memperlihatkan nilai yang baik untuk menyatakan hubungan antara nilai hasil simulasi dan nilai nyata. Dengan demikian maka model simulasi ini dapat digunakan untuk menganalisa keseimbangan lintasan pada Bengkel Fabrikasi Lambung PT. PAL INDONESIA.

Tabel 5.1. Hasil Uji Validitas

| Bulan<br>StasiunKerja | Februari |          |        | Maret |          |       | April |          |       |
|-----------------------|----------|----------|--------|-------|----------|-------|-------|----------|-------|
|                       | Jam      | Prediksi | %      | Jam   | Prediksi | %     | Jam   | Prediksi | %     |
| FA03                  | 115      | 105.73   | 91.94  | 164   | 152.43   | 92.95 | 146   | 126.32   | 86.52 |
| FA07                  | 150      | 136.80   | 91.20  | 160   | 149.63   | 93.52 | 92    | 79.80    | 86.74 |
| FA10                  | 201      | 182.74   | 90.91  | 298   | 282.49   | 94.79 | 346   | 277.58   | 80.23 |
| FA11                  | 137      | 126.40   | 92.27  | 217   | 204.48   | 94.23 | 277   | 227.71   | 82.21 |
| FA13                  | 148      | 135.72   | 91.70  | 238   | 222.72   | 93.58 | 68    | 52.20    | 76.76 |
| FA14                  | 80       | 74.10    | 92.63  | 85    | 79.80    | 93.88 | 66    | 52.73    | 79.89 |
| FA16                  | 58       | 51.00    | 87.93  | 74    | 69.00    | 93.24 | 82    | 69.00    | 84.15 |
| FA18                  | 112      | 104.00   | 92.86  | 120   | 112.00   | 93.33 | 88    | 74.00    | 84.09 |
| FA19                  | 73       | 79.80    | 109.32 | 76    | 73.20    | 96.32 | 92    | 78.00    | 84.78 |
| FA20                  | 40       | 36.40    | 91.00  | 30    | 28.00    | 93.33 | 18    | 14.00    | 77.78 |
| FA26A                 | 144      | 131.80   | 91.53  | 190   | 171.15   | 90.08 | 60    | 49.18    | 81.97 |
| FA26B                 | 75       | 68.00    | 90.67  | 105   | 96.33    | 91.75 | 108   | 90.67    | 83.95 |
| FA27                  | 40       | 37.05    | 92.63  | 43    | 39.90    | 92.79 | 32    | 26.36    | 82.38 |

| Jam | Mei      |       | Juni |          |        | Juli |          |        | Angka    |
|-----|----------|-------|------|----------|--------|------|----------|--------|----------|
|     | Prediksi | %     | Jam  | Prediksi | %      | Jam  | Prediksi | %      | Korelasi |
| 146 | 132.08   | 90.47 | 213  | 195.35   | 91.71  | 201  | 176.12   | 87.62  | 0.9918   |
| 81  | 74.10    | 91.48 | 104  | 96.19    | 92.49  | 96   | 86.93    | 90.55  | 0.9979   |
| 346 | 295.73   | 85.47 | 158  | 161.99   | 102.53 | 127  | 139.92   | 110.17 | 0.9821   |
| 198 | 195.18   | 98.58 | 154  | 144.06   | 93.55  | 1278 | 1175.28  | 91.96  | 0.9718   |
| 165 | 147.90   | 89.64 | 148  | 146.16   | 98.76  | 174  | 160.08   | 92.00  | 0.9948   |
| 86  | 72.68    | 84.51 | 94   | 86.93    | 92.47  | 62   | 57.00    | 91.94  | 0.9545   |
| 40  | 36.00    | 90.00 | 32   | 30.00    | 93.75  | 69   | 69.00    | 100.00 | 0.9760   |
| 112 | 102.00   | 91.07 | 125  | 122.00   | 97.60  | 82   | 80.00    | 97.56  | 0.9710   |
| 80  | 72.00    | 90.00 | 50   | 48.00    | 96.00  | 34   | 33.00    | 97.06  | 0.9465   |
| 88  | 75.60    | 85.91 | 58   | 56.00    | 96.55  | 29   | 28.00    | 96.55  | 0.9932   |
| 76  | 67.87    | 89.30 | 166  | 151.48   | 91.25  | 112  | 106.23   | 94.85  | 0.9980   |
| 50  | 45.33    | 90.67 | 86   | 79.33    | 92.25  | 58   | 52.70    | 90.86  | 0.9898   |
| 40  | 36.34    | 90.84 | 48   | 43.46    | 90.55  | 32   | 28.50    | 89.06  | 0.9888   |

## 5.2. Pelaksanaan Simulasi Bulan Maret 1999

### 5.2.1. Pendahuluan

Program simulasi analisa *line balancing* yang dibuat pada tugas akhir ini dapat digunakan untuk memprediksi hasil untuk waktu tertentu yang diinginkan. Selain itu, program ini juga memungkinkan pemogram untuk menggunakan masukan data yang berbeda-beda sebagai alternatif pilihan untuk mendapatkan hasil yang paling optimal. Adapun penggunaan program ini lebih banyak diarahkan pada kegiatan produksi untuk waktu satu bulan. Hal tersebut disebabkan karena dalam pelaksanaan kegiatan produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung, permintaan produksi dilakukan per bulan yaitu berupa *monthly schedule*. Demikian juga dengan pembagian beban kerja yang dibuat oleh perencana pekerjaan dilakukan setiap bulan berdasarkan *monthly schedule* tersebut.

Analisa *line balancing* pada proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung terkait erat dengan waktu terpasang dari bengkel tersebut. Dengan melibatkan perhitungan utilitas dalam program simulasi analisa *line balancing* maka diharapkan hasil dari simulasi tersebut dapat memberikan gambaran seberapa besar manfaat yang akan didapatkan dengan masukan data tertentu. Untuk itu, selain problematika ketidakseimbangan lintasan, perlu juga diamati tingkat utilitas dari masing-masing stasiun kerja serta utilitas dari Bengkel Fabrikasi Lambung.

Untuk menjelaskan bagaimana analisa *line balancing* dilakukan dengan program simulasi ini, maka diambil satu studi kasus yaitu analisa *line balancing* pada bulan Maret 1999. Pengambilan studi kasus ini didasarkan pada hasil pengujian validitas sebelumnya, yaitu hasil simulasi bulan Maret yang menunjukkan perbandingan yang baik dan merata antara nilai kenyataan dan nilai prediksi yang diuji.

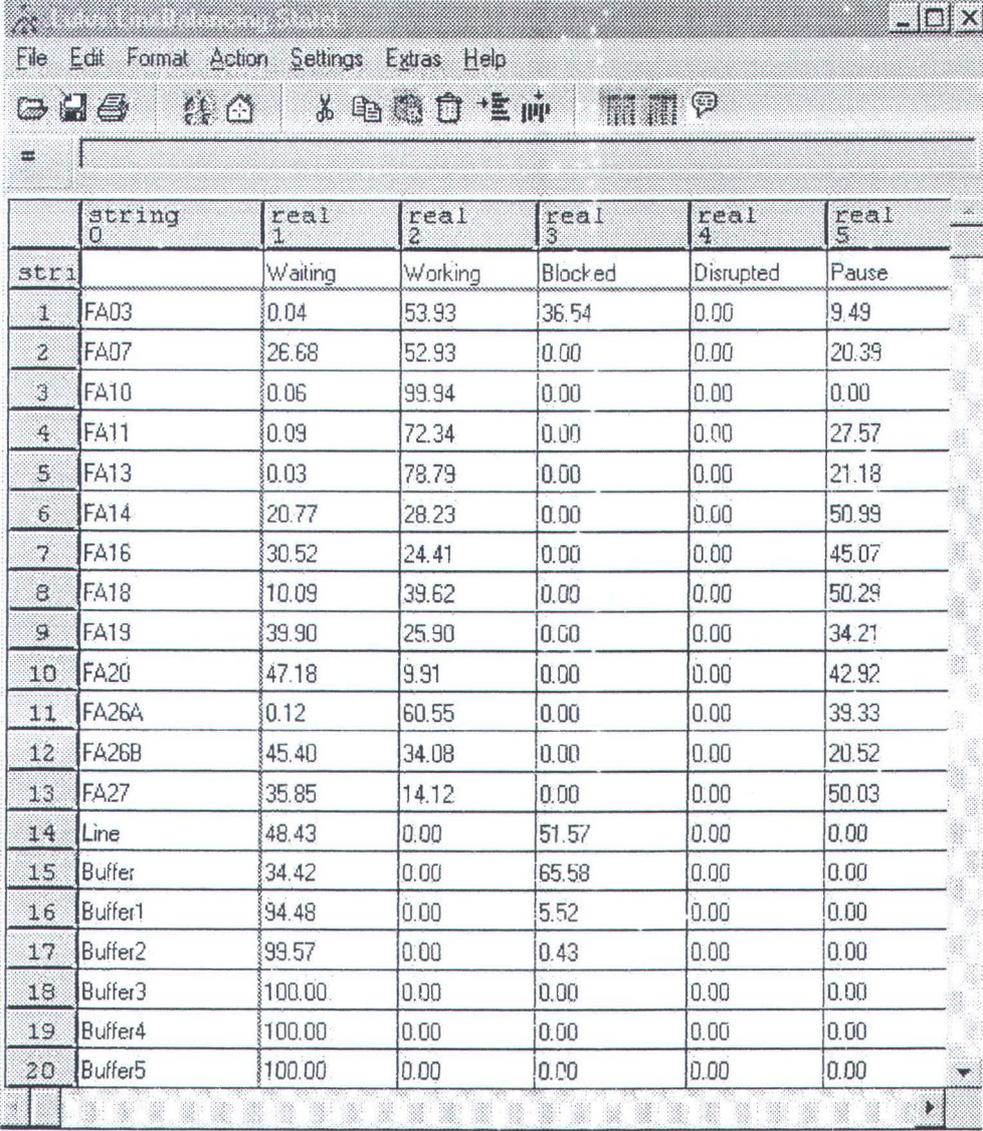
### 5.2.2. Analisa dan Pembahasan Hasil Simulasi

Pelaksanaan simulasi bulan Maret 1999 ini dimulai dengan memasukan data yang dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 5.2. Masukan data bulan Maret 1999

| Stasiun kerja | Permintaan beban<br>(ton) | Waktu pengerjaan baku<br>(hr/ton) | Pekerja<br>(orang) |
|---------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| FA-03 Plate   | 1510                      | 0,0833                            | 5                  |
| FA-03 Profil  | 266                       | 0,1                               | 5                  |
| FA-07         | 210                       | 0,7125                            | 4                  |
| FA-10         | 640                       | 0,4411                            | 3                  |
| FA-11         | 440                       | 0,4647                            | 1                  |
| FA-13         | 256                       | 0,87                              | 1                  |
| FA-14         | 56                        | 1,425                             | 1                  |
| FA-16         | 46                        | 1,5                               | 3                  |
| FA-18         | 56                        | 2                                 | 1                  |
| FA-19         | 244                       | 0,3                               | 2                  |
| FA-20         | 20                        | 1,4                               | 2                  |
| FA-26A        | 174                       | 0,985                             | 2                  |
| FA-26B        | 340                       | 0,85                              | 3                  |
| FA-27         | 56                        | 1,425                             | 2                  |

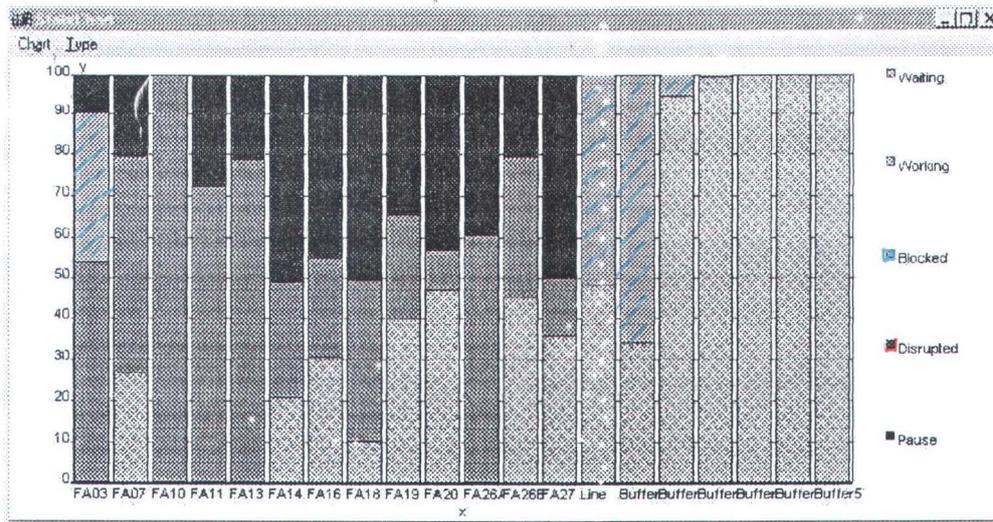
Setelah data masukan selesai dimasukkan ke dalam program simulasi maka simulasi dijalankan sampai selesai sehingga didapat hasil simulasi untuk bulan Maret 1999 sebagai berikut:



|      | string<br>0 | real<br>1 | real<br>2 | real<br>3 | real<br>4 | real<br>5 |
|------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| str1 |             | Waiting   | Working   | Blocked   | Disrupted | Pause     |
| 1    | FA03        | 0.04      | 53.93     | 36.54     | 0.00      | 9.49      |
| 2    | FA07        | 26.68     | 52.93     | 0.00      | 0.00      | 20.39     |
| 3    | FA10        | 0.06      | 99.94     | 0.00      | 0.00      | 0.00      |
| 4    | FA11        | 0.09      | 72.34     | 0.00      | 0.00      | 27.57     |
| 5    | FA13        | 0.03      | 78.79     | 0.00      | 0.00      | 21.18     |
| 6    | FA14        | 20.77     | 28.23     | 0.00      | 0.00      | 50.99     |
| 7    | FA16        | 30.52     | 24.41     | 0.00      | 0.00      | 45.07     |
| 8    | FA18        | 10.09     | 39.62     | 0.00      | 0.00      | 50.29     |
| 9    | FA19        | 39.90     | 25.90     | 0.00      | 0.00      | 34.21     |
| 10   | FA20        | 47.18     | 9.91      | 0.00      | 0.00      | 42.92     |
| 11   | FA26A       | 0.12      | 60.55     | 0.00      | 0.00      | 39.33     |
| 12   | FA26B       | 45.40     | 34.08     | 0.00      | 0.00      | 20.52     |
| 13   | FA27        | 35.85     | 14.12     | 0.00      | 0.00      | 50.03     |
| 14   | Line        | 48.43     | 0.00      | 51.57     | 0.00      | 0.00      |
| 15   | Buffer      | 34.42     | 0.00      | 65.58     | 0.00      | 0.00      |
| 16   | Buffer1     | 94.48     | 0.00      | 5.52      | 0.00      | 0.00      |
| 17   | Buffer2     | 99.57     | 0.00      | 0.43      | 0.00      | 0.00      |
| 18   | Buffer3     | 100.00    | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      |
| 19   | Buffer4     | 100.00    | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      |
| 20   | Buffer5     | 100.00    | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      |

Gambar 5.2  
Tabel *line balancing* bulan Maret 1999

Hasil tabel *line balancing* di atas, juga ditampilkan dalam bentuk *chart* seperti berikut ini:



Gambar 5.3  
tampilan *chart line balancing* bulan Maret 1999

Dari hasil simulasi berupa tabel *line balancing* dan tampilan *chart* dari tabel tersebut di atas, maka dapat diketahui bahwa prosentase pemanfaatan stasiun kerja yang terbesar adalah FA-10 (*NC Plasma Cutting*). Hal ini dikarenakan beban yang diberikan pada stasiun kerja tersebut adalah beban yang paling besar. Tetapi pembagian beban tersebut terlihat kurang merata sehingga dari tabel dan *chart* di atas dapat dilihat bahwa stasiun-stasiun kerja yang lain memiliki waktu tunggu dan waktu terblok yang cukup besar. Hal ini merupakan suatu masalah bagi keseimbangan lintasan proses produksi.. Permasalahan lainnya adalah kapasitas buffer yang ternyata masih kurang mampu menampung kelebihan material sehingga mengakibatkan waktu terblok pada stasiun kerja FA-03 (*Shootbalsting and Painting*).

Berikut ini adalah keluaran data selanjutnya, yaitu tabel perhitungan *balance delay*:

|      | string<br>0   | real<br>1  | real<br>2  | real<br>3 | real<br>4 | real<br>5     |
|------|---------------|------------|------------|-----------|-----------|---------------|
| stri | Stasiun Kerja | TTotal     | TWork      | TWait     | TBlok     | Balance Delay |
| 1    | FA03          | 1017600.00 | 548750.00  | 369.00    | 371871.00 | 0.37          |
| 2    | FA07          | 1017600.00 | 538650.00  | 271474.00 | 0.00      | 0.27          |
| 3    | FA10          | 1017600.00 | 1016960.00 | 600.00    | 0.00      | 0.00          |
| 4    | FA11          | 1017600.00 | 736120.00  | 900.00    | 0.00      | 0.00          |
| 5    | FA13          | 1017600.00 | 801792.00  | 300.00    | 0.00      | 0.00          |
| 6    | FA14          | 1017600.00 | 287280.00  | 211400.00 | 0.00      | 0.21          |
| 7    | FA16          | 1017600.00 | 248400.00  | 310572.00 | 0.00      | 0.31          |
| 8    | FA18          | 1017600.00 | 403200.00  | 102680.00 | 0.00      | 0.10          |
| 9    | FA19          | 1017600.00 | 263520.00  | 405987.00 | 0.00      | 0.40          |
| 10   | FA20          | 1017600.00 | 100800.00  | 480058.00 | 0.00      | 0.47          |
| 11   | FA26A         | 1017600.00 | 616134.00  | 1200.00   | 0.00      | 0.00          |
| 12   | FA26B         | 1017600.00 | 346800.00  | 462032.00 | 0.00      | 0.45          |
| 13   | FA27          | 1017600.00 | 143640.00  | 364805.00 | 0.00      | 0.36          |
| 14   |               | 1322880.00 | 6052056.00 | 261237.00 | 371871.00 | 0.23          |
| 15   |               |            |            |           |           |               |

Gambar 5.4  
Tabel perhitungan *balance delay* bulan Maret 1999

Dari tabel perhitungan *balance delay* hasil simulasi bulan Maret 1999 di atas dapat dilihat bahwa stasiun kerja yang memiliki waktu terblok terbesar adalah FA-03 (*Shootblasting and Painting*). Hal ini dikarenakan waktu pengerjaan baku pada stasiun-stasiun kerja di depan FA-03 lebih lambat dari waktu baku pengerjaan baku stasiun kerja FA-03. Sedangkan stasiun kerja yang memiliki waktu tunggu yang paling besar adalah FA-20 (*1000 Ton Hydraulic Press*). Selain stasiun tersebut, dari tabel di atas juga dapat dilihat ada beberapa stasiun lain yang memiliki waktu tunggu yang cukup besar. Hal ini dapat disebabkan oleh pendistribusian beban pada percabangan jalur lintasan yang kurang tepat. Adapun *balance delay* dari bengkel pada bulan Maret 1999 adalah 23 %

Keluaran data pada simulasi bulan Maret 1999 berikutnya adalah tabel utilitas yang ditampilkan sebagai berikut:

|    | string<br>0   | real<br>1   | real<br>2   | real<br>3 |
|----|---------------|-------------|-------------|-----------|
|    | Stasiun Kerja | Waktu Total | Waktu Kerja | Utilitas  |
| 1  | FA03          | 1017600.00  | 548760.00   | 0.54      |
| 2  | FA07          | 1017600.00  | 538650.00   | 0.53      |
| 3  | FA10          | 1017600.00  | 1016960.00  | 1.00      |
| 4  | FA11          | 1017600.00  | 736120.00   | 0.72      |
| 5  | FA13          | 1017600.00  | 801792.00   | 0.79      |
| 6  | FA14          | 1017600.00  | 287260.00   | 0.28      |
| 7  | FA16          | 1017600.00  | 248400.00   | 0.24      |
| 8  | FA18          | 1017600.00  | 403200.00   | 0.40      |
| 9  | FA19          | 1017600.00  | 263520.00   | 0.26      |
| 10 | FA20          | 1017600.00  | 100800.00   | 0.10      |
| 11 | FA26A         | 1017600.00  | 616134.00   | 0.61      |
| 12 | FA26B         | 1017600.00  | 346800.00   | 0.34      |
| 13 | FA27          | 1017600.00  | 143640.00   | 0.14      |
| 14 |               | 13228800.00 | 6052056.00  | 0.46      |

Gambar 5.5  
Tabel perhitungan utilitas bulan Maret 1999

Dari tabel utilitas di atas dapat dilihat bahwa tingkat utilitas tertinggi ada pada stasiun kerja FA-10 (*NC Plasma Cutting*). Tetapi tingkat utilitas yang tinggi tersebut hanya dikarenakan besarnya beban yang diterima FA-10 sehingga justru mengakibatkan penurunan tingkat utilitas stasiun-stasiun kerja yang lain yang akhirnya mempengaruhi tingkat utilitas bengkel. Pemberian beban yang terlalu besar pada stasiun kerja FA-10 tersebut mengakibatkan waktu produksi bengkel menjadi lebih panjang. Adapun tingkat utilitas bengkel pada bulan Maret 1999 adalah 46 %

Dari hasil simulasi pada bulan Maret 1999 di atas terlihat bahwa secara umum, keseimbangan lintasan proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung masih perlu ditingkatkan. Dari penjabaran di atas maka didapatkan beberapa faktor yang mempengaruhi ketidakseimbangan lintasan proses produksi yaitu:

1. Pembagian beban yang tidak merata pada masing-masing stasiun kerja
2. Pengalokasian distribusi beban pada percabangan jalur lintasan yang kurang tepat
3. Perbandingan waktu baku antar stasiun kerja yang kurang tepat
4. Kapasitas *buffer* yang terbatas
5. Permintaan produksi (*demand*)

### **5.3. Analisa dan Pembahasan Alternatif Pemecahan Masalah**

#### **5.3.1. Pendahuluan**

Dengan berdasarkan analisa *line balancing* yang dilakukan terhadap hasil simulasi kegiatan produksi pada bulan Maret 1999 tersebut maka selanjutnya dapat dicari alternatif-alternatif baru untuk memecahkan problematika ketidakseimbangan lintasan. Alternatif-alternatif tersebut mungkin tidak dapat menghilangkan seluruh masalah *line balancing* yang ada pada suatu proses produksi, tetapi tujuan dari alternatif tersebut adalah untuk meminimalkan ketidakseimbangan lintasan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal yaitu meningkatkan utilitas Bengkel Fabrikasi Lambung.

Dalam mencari alternatif yang terbaik maka digunakan metode *trial and error* dengan mengganti-ganti masukan data pada program simulasi analisa *line balancing* yang diikuti dengan menjalankan program simulasi tersebut. Selanjutnya hasil yang didapat dapat dianalisa untuk melihat faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakseimbangan suatu lintasan proses produksi.

### 5.3.2. Alternatif Pertama

Adapun alternatif yang dicoba dengan mengamati ketidakseimbang lintasan yang terjadi pada simulasi sebelumnya yaitu pada bulan Maret 1999 adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pembagian beban yang lebih merata pada masing-masing stasiun kerja.  
Pembagian beban hanya dapat dilakukan untuk proses produksi yang sama, misalnya FA-10 (*NC Plasma Cutting*) dan FA-11 (*NC Gas Cutting*)
2. Melakukan pengalokasian distribusi beban pada percabangan jalur lintasan dengan meminimalkan waktu tunggu yang terjadi.

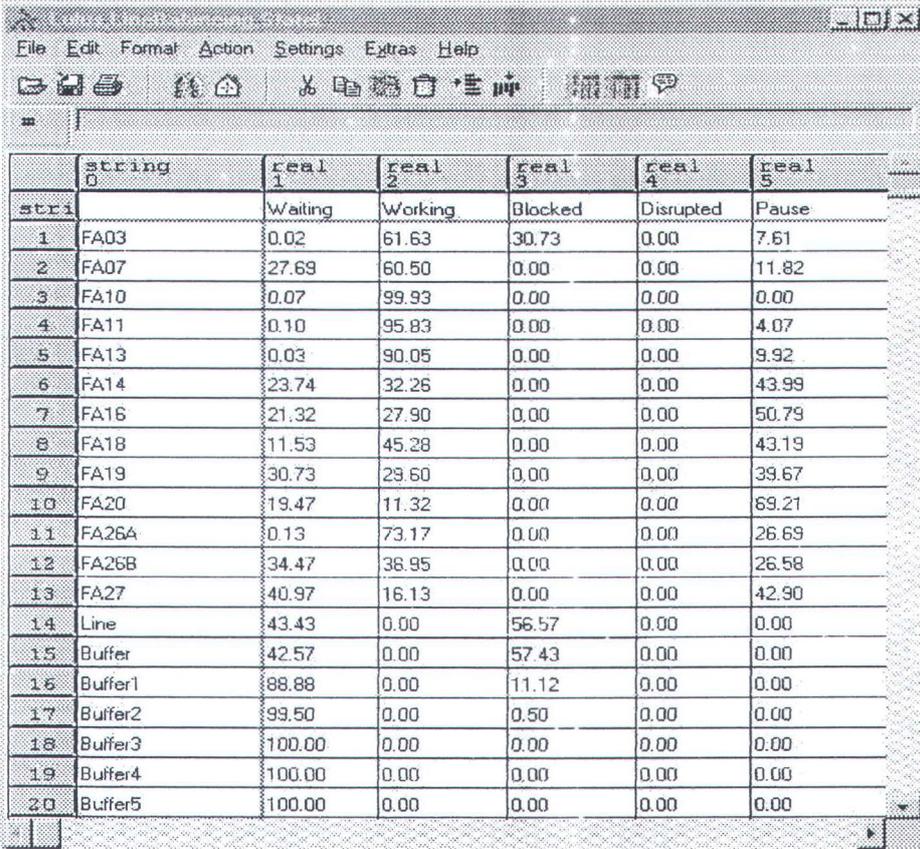
Adapun masukan data pada alternatif pertama ini dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 5.3. Masukan data alternatif I

| Stasiun kerja | Permintaan beban<br>(ton) | Waktu pengerjaan baku<br>(hr/ton) | Pekerja<br>(orang) |
|---------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| FA-03 Plate   | 1510                      | 0,0833                            | 5                  |
| FA-03 Profil  | 266                       | 0,1                               | 5                  |
| FA-07         | 210                       | 0,7125                            | 4                  |
| FA-10         | 560                       | 0,4411                            | 3                  |
| FA-11         | 510                       | 0,4647                            | 1                  |
| FA-13         | 256                       | 0,87                              | 1                  |
| FA-14         | 56                        | 1,425                             | 1                  |
| FA-16         | 46                        | 1,5                               | 3                  |
| FA-18         | 56                        | 2                                 | 1                  |
| FA-19         | 244                       | 0,3                               | 2                  |

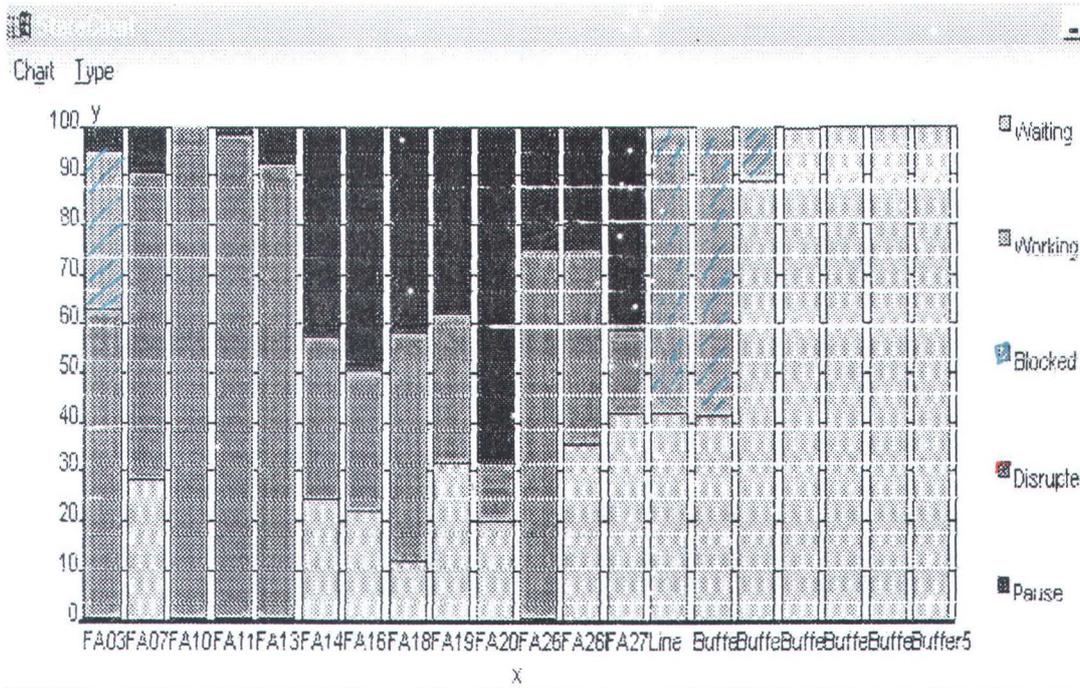
|        |     |       |   |
|--------|-----|-------|---|
| FA-20  | 20  | i,4   | 2 |
| FA-26A | 184 | 0,985 | 2 |
| FA-26B | 340 | 0,85  | 3 |
| FA-27  | 56  | 1,425 | 2 |

Setelah masukan data diatur sesuai dengan alternatif yang akan dicoba maka program simulasi analisa *line balancing* dapat dijalankan. Berikut ini adalah hasil simulasi dari alternatif I :



|    | string  | real 1  | real 2  | real 3  | real 4    | real 5 |
|----|---------|---------|---------|---------|-----------|--------|
|    |         | Waiting | Working | Blocked | Disrupted | Pause  |
| 1  | FA03    | 0.02    | 61.63   | 30.73   | 0.00      | 7.61   |
| 2  | FA07    | 27.69   | 60.50   | 0.00    | 0.00      | 11.82  |
| 3  | FA10    | 0.07    | 99.93   | 0.00    | 0.00      | 0.00   |
| 4  | FA11    | 0.10    | 95.83   | 0.00    | 0.00      | 4.07   |
| 5  | FA13    | 0.03    | 90.05   | 0.00    | 0.00      | 9.92   |
| 6  | FA14    | 23.74   | 32.26   | 0.00    | 0.00      | 43.99  |
| 7  | FA16    | 21.32   | 27.90   | 0.00    | 0.00      | 50.79  |
| 8  | FA18    | 11.53   | 45.28   | 0.00    | 0.00      | 43.19  |
| 9  | FA19    | 30.73   | 29.60   | 0.00    | 0.00      | 39.67  |
| 10 | FA20    | 19.47   | 11.32   | 0.00    | 0.00      | 69.21  |
| 11 | FA26A   | 0.13    | 73.17   | 0.00    | 0.00      | 26.69  |
| 12 | FA26B   | 34.47   | 38.95   | 0.00    | 0.00      | 26.58  |
| 13 | FA27    | 40.97   | 16.13   | 0.00    | 0.00      | 42.90  |
| 14 | Line    | 43.43   | 0.00    | 56.57   | 0.00      | 0.00   |
| 15 | Buffer  | 42.57   | 0.00    | 57.43   | 0.00      | 0.00   |
| 16 | Buffer1 | 88.88   | 0.00    | 11.12   | 0.00      | 0.00   |
| 17 | Buffer2 | 99.50   | 0.00    | 0.50    | 0.00      | 0.00   |
| 18 | Buffer3 | 100.00  | 0.00    | 0.00    | 0.00      | 0.00   |
| 19 | Buffer4 | 100.00  | 0.00    | 0.00    | 0.00      | 0.00   |
| 20 | Buffer5 | 100.00  | 0.00    | 0.00    | 0.00      | 0.00   |

Gambar 5.6.  
Tabel *line balancing* alternatif I



Gambar 5.7  
Tampilan *chart line balancing* alternatif I

Dari tabel *line balancing* dan tampilan *chart* di atas maka dapat dilihat bahwa stasiun kerja FA-10 (NC Plasma Cutting) masih memiliki waktu kerja yang tinggi tetapi pada alternatif I ini waktu kerja FA-10 tersebut masih diimbangi dengan waktu kerja dari stasiun kerja FA-11 (NC Gas Cutting). Hasil lainnya adalah menurunnya waktu tunggu dari beberapa stasiun kerja. Hal ini disebabkan karena pembagian beban yang lebih merata pada tiap-tiap stasiun kerja. Sedangkan untuk waktu terblokir serta kapasitas buffer terutama untuk stasiun kerja FA-03 (*Shootblasting and Painting*), masih menjadi masalah keseimbangan lintasan yang selanjutnya harus dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan.

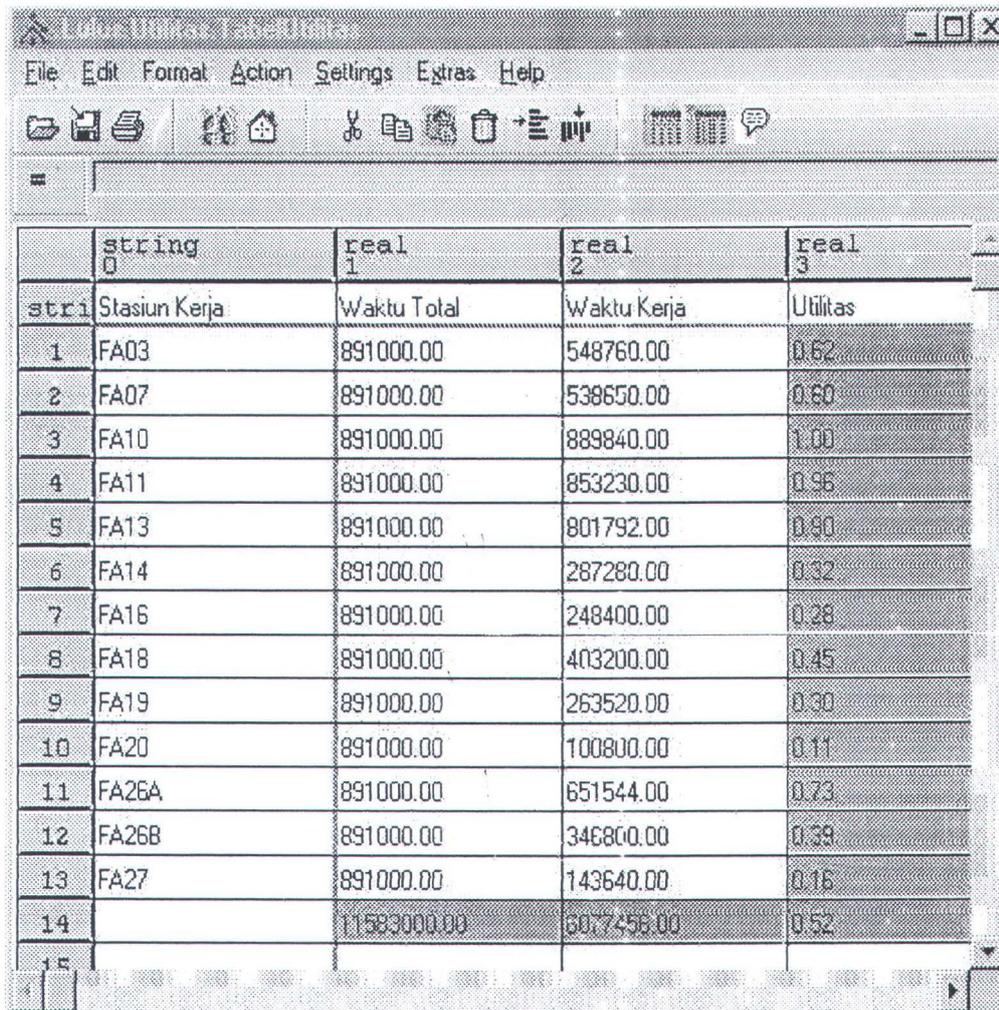
Hasil selanjutnya adalah tabel perhitungan *balance delay* yang dapat ditampilkan seperti di bawah ini:

|      | string<br>0   | real<br>1   | real<br>2  | real<br>3  | real<br>4 | real<br>5     |
|------|---------------|-------------|------------|------------|-----------|---------------|
| stri | Stasiun Kerja | TTotal      | TWork      | TWait      | TBlok     | Balance Delay |
| 1    | FA03          | 891000.00   | 548760.00  | 187.00     | 273653.00 | 0.31          |
| 2    | FA07          | 891000.00   | 538650.00  | 246526.00  | 0.00      | 0.28          |
| 3    | FA10          | 891000.00   | 889840.00  | 600.00     | 0.00      | 0.00          |
| 4    | FA11          | 891000.00   | 853230.00  | 900.00     | 0.00      | 0.00          |
| 5    | FA13          | 891000.00   | 801792.00  | 300.00     | 0.00      | 0.00          |
| 6    | FA14          | 891000.00   | 287280.00  | 211400.00  | 0.00      | 0.24          |
| 7    | FA16          | 891000.00   | 248400.00  | 189808.00  | 0.00      | 0.21          |
| 8    | FA18          | 891000.00   | 403200.00  | 102680.00  | 0.00      | 0.12          |
| 9    | FA19          | 891000.00   | 263520.00  | 273653.00  | 0.00      | 0.31          |
| 10   | FA20          | 891000.00   | 100800.00  | 173381.00  | 0.00      | 0.19          |
| 11   | FA26A         | 891000.00   | 651544.00  | 1200.00    | 0.00      | 0.00          |
| 12   | FA26B         | 891000.00   | 346800.00  | 306964.00  | 0.00      | 0.34          |
| 13   | FA27          | 891000.00   | 143640.00  | 364805.00  | 0.00      | 0.41          |
| 14   |               | 11583000.00 | 6077456.00 | 1872484.00 | 273653.00 | 0.14          |

Gambar 5.8  
Tabel perhitungan *balance delay* alternatif I

Dari tabel perhitungan *balance delay* di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan waktu tunggu pada stasiun kerja-stasiun kerja tertentu yang pada akhirnya mempengaruhi nilai *balance delay* dari stasiun kerja tersebut maupun *balance delay* dari bengkel. Dibandingkan dengan hasil simulasi bulan Maret 1999 yaitu 23 %, maka pada alternatif I ini terjadi penurunan nilai *balance delay* menjadi 19 %. Dari hasil tersebut maka dapat dinyatakan bahwa alternatif pemecahan masalah keseimbangan lintasan mampu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan sebelumnya.

Berikutnya adalah tabel perhitungan utilitas dari alternatif I yang dapat ditampilkan sebagai berikut:



|      | string<br>0   | real<br>1   | real<br>2   | real<br>3 |
|------|---------------|-------------|-------------|-----------|
| str1 | Stasiun Kerja | Waktu Total | Waktu Kerja | Utilitas  |
| 1    | FA03          | 891000.00   | 548760.00   | 0.62      |
| 2    | FA07          | 891000.00   | 538650.00   | 0.60      |
| 3    | FA10          | 891000.00   | 889840.00   | 1.00      |
| 4    | FA11          | 891000.00   | 853230.00   | 0.96      |
| 5    | FA13          | 891000.00   | 801792.00   | 0.90      |
| 6    | FA14          | 891000.00   | 287280.00   | 0.32      |
| 7    | FA16          | 891000.00   | 248400.00   | 0.28      |
| 8    | FA18          | 891000.00   | 403200.00   | 0.45      |
| 9    | FA19          | 891000.00   | 263520.00   | 0.30      |
| 10   | FA20          | 891000.00   | 100800.00   | 0.11      |
| 11   | FA26A         | 891000.00   | 651544.00   | 0.73      |
| 12   | FA26B         | 891000.00   | 346800.00   | 0.39      |
| 13   | FA27          | 891000.00   | 143640.00   | 0.16      |
| 14   |               | 11583000.00 | 607458.00   | 0.52      |

Gambar 5.9  
Tabel perhitungan utilitas alternatif I

Dari hasil tabel perhitungan utilitas di atas terlihat bahwa terjadi peningkatan tingkat utilitas bengkel yaitu dari 46% pada bulan Maret 1999 menjadi 52%. Hasil penting lainnya adalah waktu terpasang atau produksi yang semakin pendek yaitu dari 282,67 jam (1.017.600 detik) menjadi 248,5 jam (891.000 detik). Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa alternatif I dapat memperbaiki kekurangan yang terjadi sebelumnya dan meningkatkan utilitas bengkel.

### 5.3.3. Alternatif Kedua

Bila kita lihat kembali hasil simulasi alternatif pertama, maka permasalahan waktu blok masih merupakan problematika ketidakseimbangan lintasan produksi. kegiatan Dari permasalahan tersebut dapat pula dimunculkan alternatif baru untuk memperbaiki hasil sebelumnya. Alternatif kedua yang dapat dilakukan adalah :

1. Meningkatkan waktu baku stasiun kerja FA-10 (*NC Plasma Cutting*). Waktu baku stasiun kerja FA-10 dapat ditingkatkan mengingat stasiun kerja tersebut memiliki dua cara proses pemotongan yaitu *wet type* dan *dry tipe*. Dengan menggunakan waktu baku untuk *dry tipe* maka proses pemotongan akan lebih menjadi cepat. Tetapi perlu diingat bahwa kualitas dari proses *dry type* lebih rendah dari kualitas yang dihasilkan pada *wet type process*.
2. Membagi beban secara merata pada masing-masing stasiun kerja. Pengaturan pembagian beban ini dilakukan kembali karena waktu baku stasiun kerja FA-10 telah diubah.
3. Melakukan pengalokasian distribusi beban pada percabangan jalur lintasan dengan meminimalkan waktu tunggu yang terjadi.

Adapun masukan data pada alternatif II ini dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 5.4. Masukan data alternatif II

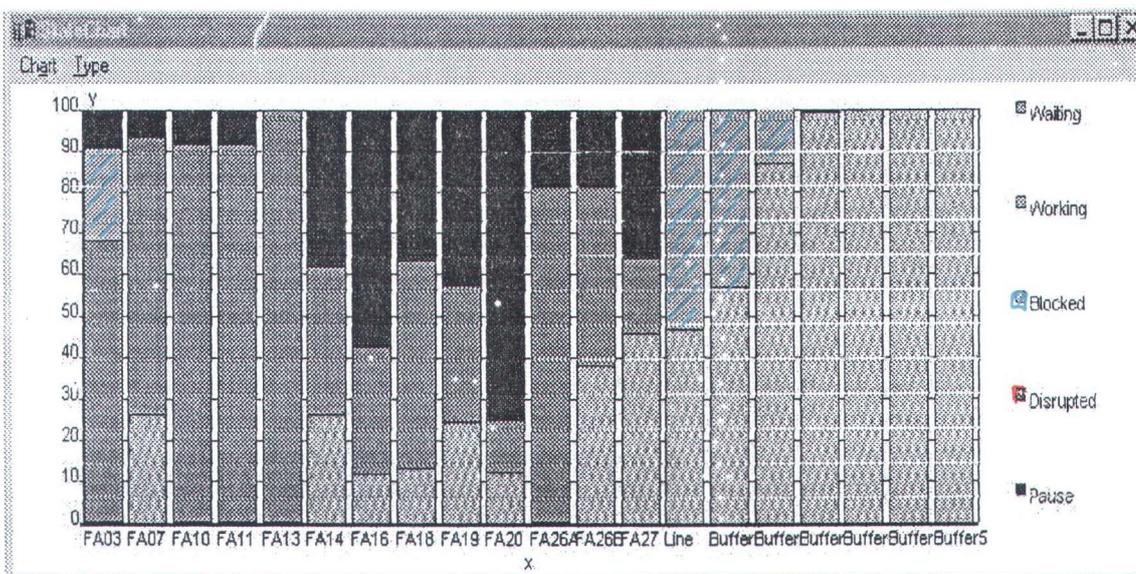
| Stasiun kerja | Permintaan beban<br>(ton) | Waktu pengerjaan baku<br>(hr/ton) | Pekerja<br>(orang) |
|---------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| FA-03 Plate   | 1510                      | 0,0833                            | 5                  |
| FA-03 Profil  | 266                       | 0,1                               | 5                  |
| FA-07         | 210                       | 0,7125                            | 4                  |

|        |     |        |   |
|--------|-----|--------|---|
| FA-10  | 640 | 0,3235 | 3 |
| FA-11  | 440 | 0,4647 | 1 |
| FA-13  | 256 | 0,87   | 1 |
| FA-14  | 56  | 1,425  | 1 |
| FA-16  | 46  | 1,5    | 3 |
| FA-18  | 56  | 2      | 1 |
| FA-19  | 244 | 0,3    | 2 |
| FA-20  | 20  | 1,4    | 2 |
| FA-26A | 174 | 0,985  | 2 |
| FA-26B | 340 | 0,85   | 3 |
| FA-27  | 56  | 1,425  | 2 |

Setelah masukan data diatur sesuai dengan alternatif kedua yang akan dicoba maka program simulasi analisa line balancing dapat dijalankan. Berikut ini adalah hasil simulasi dari alternatif yang dicoba yaitu berupa tabel *line balancing* dan tampilan *chart* sebagai berikut :

|      | string<br>0 | real<br>1 | real<br>2 | real<br>3 | real<br>4 | real<br>5 |
|------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| stri |             | Waiting   | Working   | Blocked   | Disrupted | Pause     |
| 1    | FA03        | 0.03      | 68.46     | 22.45     | 0.00      | 9.06      |
| 2    | FA07        | 26.27     | 67.20     | 0.00      | 0.00      | 6.53      |
| 3    | FA10        | 0.07      | 91.56     | 0.00      | 0.00      | 8.36      |
| 4    | FA11        | 0.11      | 91.83     | 0.00      | 0.00      | 8.06      |
| 5    | FA13        | 0.04      | 99.96     | 0.00      | 0.00      | 0.00      |
| 6    | FA14        | 26.39     | 35.84     | 0.00      | 0.00      | 37.77     |
| 7    | FA16        | 11.80     | 30.99     | 0.00      | 0.00      | 57.22     |
| 8    | FA18        | 13.09     | 50.30     | 0.00      | 0.00      | 36.61     |
| 9    | FA19        | 24.74     | 32.87     | 0.00      | 0.00      | 42.38     |
| 10   | FA20        | 12.40     | 12.57     | 0.00      | 0.00      | 75.03     |
| 11   | FA26A       | 0.15      | 81.28     | 0.00      | 0.00      | 18.57     |
| 12   | FA26B       | 38.29     | 43.26     | 0.00      | 0.00      | 18.44     |
| 13   | FA27        | 45.79     | 17.92     | 0.00      | 0.00      | 36.29     |
| 14   | Line        | 46.46     | 0.00      | 53.54     | 0.00      | 0.00      |
| 15   | Buffer      | 57.06     | 0.00      | 42.94     | 0.00      | 0.00      |
| 16   | Buffer1     | 86.55     | 0.00      | 13.45     | 0.00      | 0.00      |
| 17   | Buffer2     | 99.12     | 0.00      | 0.88      | 0.00      | 0.00      |
| 18   | Buffer3     | 100.00    | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      |
| 19   | Buffer4     | 100.00    | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      |
| 20   | Buffer5     | 100.00    | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      |

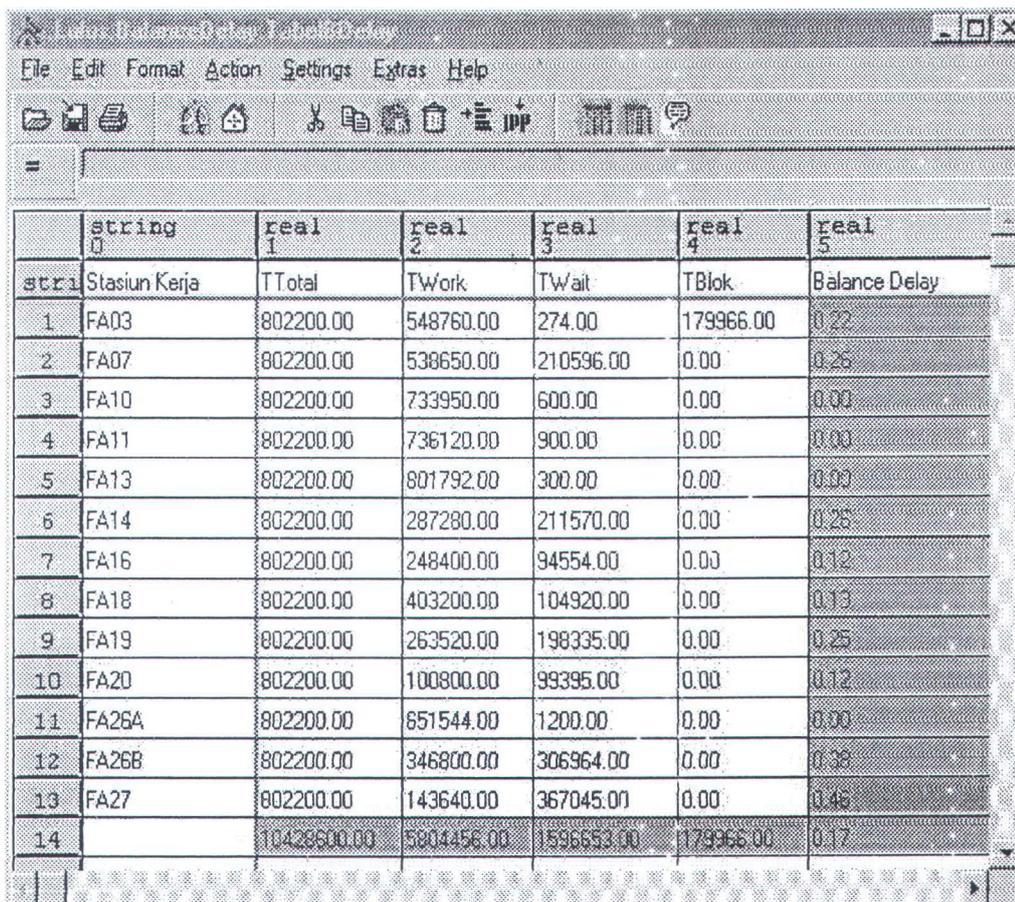
Gambar 5.10  
Tabel line balancing alternatif II



Gambar 5.11  
Tampilan chart line balancing alternatif II

Dari tabel line balancing dan tampilan chart di atas maka dapat dilihat semakin berkurangnya waktu terblok dari stasiun kerja FA-03 (*Shootblasting and Painting*). Tetapi, waktu terblok tersebut masih belum dapat dihilangkan sama sekali karena perbandingan waktu pengerjaan baku yang masih belum berimbang. Hasil lainnya adalah terjadinya pengurangan waktu tunggu dari beberapa stasiun kerja serta waktu berhenti yang lebih merata karena pendistribusian beban kerja yang lebih merata dan tepat. Pembagian tersebut dapat dilihat dari tabel masukan data alternatif II.

Berikut ini adalah gambar tabel perhitungan *balance delay* dari alternatif II :



|      | string<br>0   | real<br>1  | real<br>2  | real<br>3  | real<br>4 | real<br>5     |
|------|---------------|------------|------------|------------|-----------|---------------|
| stri | Stasiun Kerja | TTotal     | TWork      | TWait      | TBlok     | Balance Delay |
| 1    | FA03          | 802200.00  | 548760.00  | 274.00     | 179966.00 | 0.22          |
| 2    | FA07          | 802200.00  | 538650.00  | 210596.00  | 0.00      | 0.26          |
| 3    | FA10          | 802200.00  | 733950.00  | 600.00     | 0.00      | 0.00          |
| 4    | FA11          | 802200.00  | 736120.00  | 900.00     | 0.00      | 0.00          |
| 5    | FA13          | 802200.00  | 801792.00  | 300.00     | 0.00      | 0.00          |
| 6    | FA14          | 802200.00  | 287280.00  | 211570.00  | 0.00      | 0.26          |
| 7    | FA16          | 802200.00  | 248400.00  | 94554.00   | 0.00      | 0.12          |
| 8    | FA18          | 802200.00  | 403200.00  | 104920.00  | 0.00      | 0.13          |
| 9    | FA19          | 802200.00  | 263520.00  | 198335.00  | 0.00      | 0.25          |
| 10   | FA20          | 802200.00  | 100800.00  | 99395.00   | 0.00      | 0.12          |
| 11   | FA26A         | 802200.00  | 651544.00  | 1200.00    | 0.00      | 0.00          |
| 12   | FA26B         | 802200.00  | 346800.00  | 306964.00  | 0.00      | 0.38          |
| 13   | FA27          | 802200.00  | 143640.00  | 367045.00  | 0.00      | 0.46          |
| 14   |               | 1042860.00 | 5804456.00 | 1596553.00 | 179966.00 | 0.17          |

Gambar 5.12  
Tabel Perhitungan *Balance Delay* alternatif II

Dari hasil tabel perhitungan *balance delay* di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan waktu terblok dari stasiun FA-03 yaitu dari 76,0127 jam (273653 detik) pada alternatif I menjadi 49,99 jam (179966 detik). Selain itu waktu tunggu juga menurun pada stasiun kerja-stasiun kerja tertentu yang pada akhirnya mempengaruhi nilai *balance delay* dari stasiun kerja tersebut maupun *balance delay* dari bengkel. Dibandingkan dengan hasil simulasi pada alternatif I yaitu 19 %, maka pada alternatif II ini terjadi penurunan nilai *balance delay* menjadi 17 %. Dari hasil tersebut maka dapat dinyatakan bahwa alternatif II memberikan hasil *balance delay* yang lebih baik dari alternatif I.

Untuk tabel perhitungan utilitas pada alternatif II, dapat ditampilkan sebagai berikut:

|      | string<br>0   | real<br>1   | real<br>2   | real<br>3 |
|------|---------------|-------------|-------------|-----------|
| stri | Stasiun Kerja | Waktu Total | Waktu Kerja | Utilitas  |
| 1    | FA03          | 801600.00   | 548760.00   | 0.68      |
| 2    | FA07          | 801600.00   | 538650.00   | 0.67      |
| 3    | FA10          | 801600.00   | 733950.00   | 0.92      |
| 4    | FA11          | 801600.00   | 736120.00   | 0.92      |
| 5    | FA13          | 801600.00   | 801300.00   | 1.00      |
| 6    | FA14          | 801600.00   | 287280.00   | 0.36      |
| 7    | FA16          | 801600.00   | 248400.00   | 0.31      |
| 8    | FA18          | 801600.00   | 403200.00   | 0.50      |
| 9    | FA19          | 801600.00   | 263520.00   | 0.33      |
| 10   | FA20          | 801600.00   | 100800.00   | 0.13      |
| 11   | FA26A         | 801600.00   | 651544.00   | 0.81      |
| 12   | FA26B         | 801600.00   | 346800.00   | 0.43      |
| 13   | FA27          | 801600.00   | 143640.00   | 0.18      |
| 14   |               | 10420800.00 | 5803964.00  | 0.56      |

Gambar 5.13  
Tabel Perhitungan Utilitas alternatif II



Dari hasil simulasi di atas terlihat adanya peningkatan tingkat utilitas bengkel yaitu dari 52% pada alternatif I menjadi 56% pada alternatif kedua. Hal ini dapat dikarenakan waktu terblok yang semakin berkurang serta waktu produksi yang semakin pendek yaitu dari 248,5 jam (891.000 detik) pada alternatif I menjadi 222,67 jam (801.600 detik) pada alternatif yang II. Dari penjabaran di atas maka dapat dikatakan bahwa alternatif kedua yang dibuat dapat memberikan hasil yang lebih optimal bagi kegiatan produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000 PT. PAL Indonesia.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa perhitungan line balancing of process di Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000 PT. PAL INDONESIA, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil simulasi pada bulan Maret 1999

- Ada masalah ketidakseimbangan lintasan berupa waktu terblok dan waktu tunggu yang cukup besar pada beberapa stasiun kerja.
- Nilai *balance delay* dari bengkel adalah 23 %
- Tingkat utilitas bengkel adalah 46 %.

Hal tersebut disebabkan karena faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Pembagian beban yang kurang tepat dan tidak merata.
- b. Waktu pengerjaan baku antar stasiun yang tidak seimbang
- c. Adanya stasiun kerja yang menerima beban terlalu banyak

2. Hasil simulasi alternatif I

- Waktu terblok dan waktu tunggu beberapa stasiun kerja berkurang sehingga meningkatkan keseimbangan lintasan proses produksi
- Nilai *balance delay* dari bengkel adalah 19 %
- Tingkat utilitas bengkel adalah 52 %.

Dari hasil di atas maka dapat dinyatakan bahwa alternatif I mampu meningkatkan kelancaran lintasan proses produksi dan mampu menekan waktu produksi.

Peningkatan tersebut disebabkan oleh:

- a. Perbaiki pembagian beban agar lebih merata.
- b. Alokasi beban tertentu untuk menekan waktu produksi.
- c. Meminimalkan waktu tunggu dari stasiun kerja.

### 3. Hasil simulasi alternatif II

- Waktu terblok menjadi semakin berkurang sehingga keseimbangan lintasan yang dihasilkan menjadi lebih baik.
- Nilai *balance delay* bengkel adalah 17 %
- Tingkat utilitas bengkel 56 %

Dari hasil di atas maka dapat dinyatakan bahwa analisa *line balancing* dapat meningkatkan kelancaran proses produksi, utilitas, dan menekan waktu produksi.

Peningkatan pada alternatif yang kedua ini disebabkan karena:

- a. Meningkatkan kemampuan proses stasiun kerja, yaitu FA-10 (*NC Cutting Plasma*) yaitu dengan menggunakan *dry type process* untuk mengurangi waktu terblok dari FA-03 (*Shootblasting and Painting*).
- b. Evaluasi pembagian beban yang lebih merata

## 6.2. Saran

Pada tugas akhir ini masih banyak kekurangan-kekurangan dalam menganalisa *line balancing* pada proses produksi di Bengkel Fabrikasi Lambung SBP 30.000 PT. PAL INDONESIA, karena adanya pembatasan masalah serta model simulasi yang dibuat. Oleh karena itu, diperlukan upaya-upaya lanjutan untuk meningkatkan hasil penelitian ini sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih baik. Adapun hal-hal yang dapat ditindaklanjuti adalah :

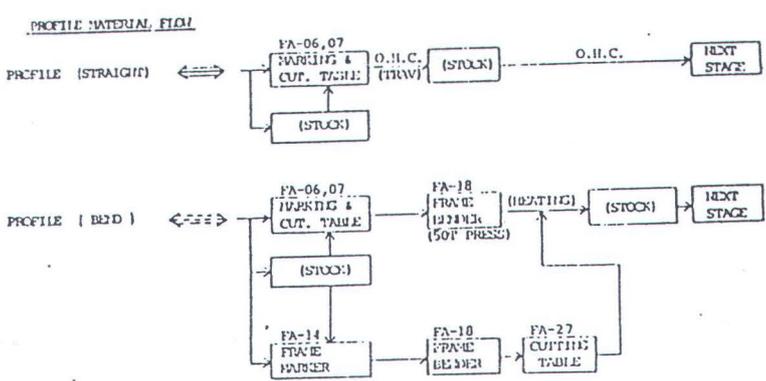
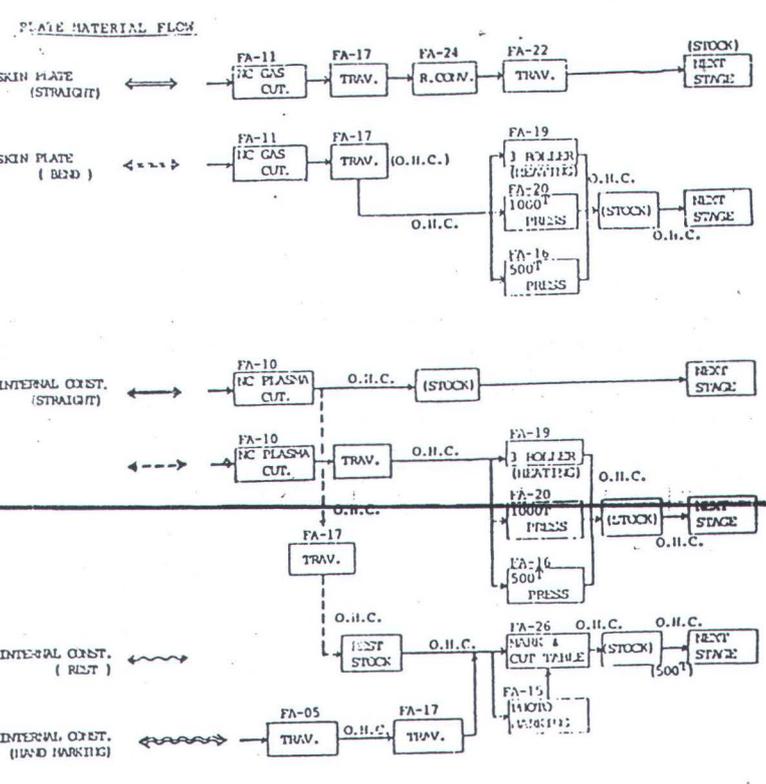
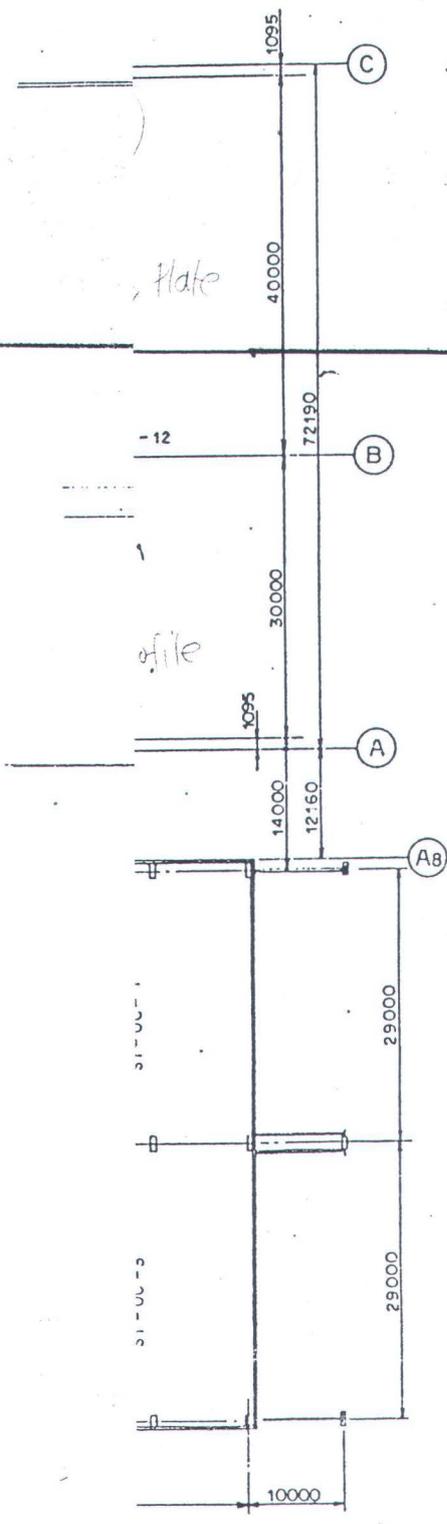
- 
- a. Diadakan pengukuran waktu pengerjaan baku secara langsung di lapangan agar memberikan hasil yang valid.
  - b. Menambah parameter pengukuran yaitu berdasarkan panjang, luas, dan tebal dari material yang diproses sehingga dapat memberikan hasil yang lebih teliti.
  - c. Adanya pengukuran efisiensi pekerja baik terhadap waktu maupun berdasarkan kriteria keahlian.
  - d. Pembuatan model simulasi yang lebih kompleks dengan memperhatikan urutan pengerjaan material yang diinginkan dan lain-lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- AESOP, Simple++ : Optimization of System and Business Processes, Stuttgart, Germany 1997.
- Anugerah, H.R., Analisa Produktifitas SBP 30.000 di PT. PAL Surabaya, Tugas Akhir, FTK-ITS Surabaya 1996.
- Azwar, Saifuddin, Reliabilitas dan Validitas, Pustaka Pelajar, Yogyakarta 1997.
- Chirillo, LD and Okayama Y, Product Work Break Down Structure, 1992.
- Cronbach, L.J., Test Validation, American Council on Education, Washington, DC 1971.
- Dilworth, J.B, Production and Operations Management, Hill Publishing Company, 1989
- Farida, Chusnu, Analisa efisiensi Lintasan Produksi Produk Mma 36 di PT. Ardi Indah dengan Metode Heuristic Kilbridge and Wester, FTI-ITS Surabaya 1982.
- Groover, R, Automation, Production System and Computer Integrated Manufacturing, Hill Publishing Company, 1990.
- Handoko, T. H, Manajemen, Edisi kedua, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta 1992.
- James, A.M., Plan Lay Out and Material Handling, Third Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York 1983. Lamb, Thomas, Engineering for Shipping Production, Cornell Maritime Press, Centreville, Maryland 1988.
- Sasongko, Broto, Analisa Biaya Industri Perkapalan dan Galangan Kapal, Hang Tuah Press 1991.
- Sawyer, J.H.F, Line Balancing : Modern Aids to Production Management, The Machinery Publishing Co. Ltd, London 1970.
- Soeharto, Andjar dan Soejitno, Galangan Kapal, FTK-ITS, Surabaya 1996.
- Soejitno, Teknologi Bangunan Baru I, FTK ITS.
- Widjaja, Syarif, Manajemen Produksi Untuk Industri Perkapalan, FTK-ITS.

## **LAMPIRAN 1**

LINTASAN PROSES PRODUKSI  
BENGKEL FABRIKASI LAMBUNG



| REV                                                                | DATE | DESCRIPTION | DRAWN | CHECKED    | APPR |
|--------------------------------------------------------------------|------|-------------|-------|------------|------|
| <b>P.T. PAL INDONESIA (PERSERO)<br/>SHIPBUILDING PLANT PROJECT</b> |      |             |       |            |      |
| MANAGER                                                            |      |             |       |            |      |
| ASSISTANT MANAGER                                                  |      |             |       |            |      |
| CHIEF                                                              |      |             |       |            |      |
| CHECKED                                                            |      |             |       |            |      |
| DRAWN                                                              |      |             |       |            |      |
| DATE                                                               |      |             |       |            |      |
| JOB NO                                                             |      |             |       |            |      |
| <b>MATERIAL FLOW IN<br/>FABRICATILON SHOP<br/>(DRY SYSTEM)</b>     |      |             | SCALE | DRAWING NO |      |
| MITSUBI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO. LTD<br>MES                  |      |             |       | H - 02     |      |

## LAMPIRAN 2

DATA VALIDASI

| FA-03 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2        | Y2        | XY        |
|-------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Feb   | 105.7333     | 115.00       | 91.9420    | 11179.54  | 13225.00  | 12159.333 |
| Maret | 152.4333     | 164.00       | 92.9472    | 23235.92  | 26896.00  | 24999.067 |
| April | 126.3167     | 146.00       | 86.5183    | 15955.90  | 21316.00  | 18442.233 |
| Mei   | 132.0833     | 146.00       | 90.4680    | 17446.01  | 21316.00  | 19284.167 |
| Juni  | 195.3500     | 213.00       | 91.7136    | 38161.62  | 45369.00  | 41609.550 |
| Juli  | 176.1167     | 201.00       | 87.6202    | 31017.08  | 40401.00  | 35399.450 |
|       | 888.0333     | 985.00       | 90.1557    | 136996.07 | 168523.00 | 151893.80 |

Koefisien korelasi : (EX)^2 (EY)^2  
Rxy 0.9918 788603.2011 970225.00

| FA-07 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2       | Y2       | XY        |
|-------|--------------|--------------|------------|----------|----------|-----------|
| Feb   | 136.8000     | 150.00       | 91.2000    | 18714.24 | 22500.00 | 20520.000 |
| Maret | 149.6250     | 160.00       | 93.5156    | 22387.64 | 25600.00 | 23940.000 |
| April | 79.8000      | 92.00        | 86.7391    | 6368.04  | 8464.00  | 7341.600  |
| Mei   | 74.1000      | 81.00        | 91.4815    | 5490.81  | 6561.00  | 6002.100  |
| Juni  | 96.1875      | 104.00       | 92.4880    | 9252.04  | 10816.00 | 10003.500 |
| Juli  | 86.9250      | 96.00        | 90.5469    | 7555.96  | 9216.00  | 8344.800  |
|       | 623.4375     | 683.00       | 91.2793    | 69768.72 | 83157.00 | 76152.00  |

Koefisien korelasi : (EX)^2 (EY)^2  
Rxy 0.9979 388674.3164 466489.00

| FA-10 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2        | Y2        | XY         |
|-------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|------------|
| Feb   | 182.7350     | 201.00       | 90.9129    | 33392.08  | 40401.00  | 36729.735  |
| Maret | 282.4889     | 298.00       | 94.7949    | 79799.97  | 88804.00  | 84181.689  |
| April | 277.5833     | 346.00       | 80.2264    | 77052.51  | 119716.00 | 96043.833  |
| Mei   | 295.7306     | 346.00       | 85.4713    | 87456.56  | 119716.00 | 102322.772 |
| Juni  | 161.9897     | 158.00       | 102.5251   | 26240.67  | 24964.00  | 25594.376  |
| Juli  | 139.9203     | 127.00       | 110.1734   | 19577.68  | 16129.00  | 17769.875  |
|       | 1340.4478    | 1476.00      | 90.8162    | 323519.48 | 409730.00 | 362642.28  |

Koefisien korelasi : (EX)^2 (EY)^2  
Rxy 0.982105407 1796800.2449 2178576.00

| FA-11 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2        | Y2        | XY        |
|-------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Feb   | 126.4044     | 137.00       | 92.2660    | 15978.08  | 18769.00  | 17317.409 |
| Maret | 204.4778     | 217.00       | 94.2294    | 41811.16  | 47089.00  | 44371.678 |
| April | 277.4392     | 295.00       | 94.0472    | 76972.49  | 87025.00  | 81844.554 |
| Mei   | 227.7139     | 277.00       | 82.2072    | 51853.62  | 76729.00  | 63076.747 |
| Juni  | 195.1833     | 198.00       | 98.5774    | 38096.53  | 39204.00  | 38646.300 |
| Juli  | 144.0639     | 154.00       | 93.5480    | 20754.40  | 23716.00  | 22185.839 |
|       | 1175.2825    | 1278.00      | 91.9626    | 245466.29 | 292532.00 | 267442.53 |

Koefisien korelasi : (EX)^2 (EY)^2  
Rxy 0.971821753 1381288.9548 1633284.00

| FA-13 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2        | Y2        | XY        |
|-------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Feb   | 135.7200     | 148.00       | 91.7027    | 18419.92  | 21904.00  | 20086.560 |
| Maret | 222.7200     | 238.00       | 93.5798    | 49604.20  | 56644.00  | 53007.360 |
| April | 52.2000      | 68.00        | 76.7647    | 2724.84   | 4624.00   | 3549.600  |
| Mei   | 147.9000     | 165.00       | 89.6364    | 21874.41  | 27225.00  | 24403.500 |
| Juni  | 146.1600     | 148.00       | 98.7568    | 21362.75  | 21904.00  | 21631.680 |
| Juli  | 160.0800     | 174.00       | 92.0000    | 25625.61  | 30276.00  | 27853.920 |
|       | 864.7800     | 941.00       | 91.9001    | 139611.72 | 162577.00 | 150532.62 |

Koefisien korelasi : (EX)<sup>2</sup> (EY)<sup>2</sup>  
Rxy 0.9948 747844.4484 885481.00

| FA-14 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2       | Y2       | XY       |
|-------|--------------|--------------|------------|----------|----------|----------|
| Feb   | 74.1000      | 80.00        | 92.6250    | 5490.81  | 6400.00  | 5928.000 |
| Maret | 79.8000      | 85.00        | 93.8824    | 6368.04  | 7225.00  | 6783.000 |
| April | 52.7250      | 66.00        | 79.8864    | 2779.93  | 4356.00  | 3479.850 |
| Mei   | 72.6750      | 86.00        | 84.5058    | 5281.66  | 7396.00  | 6250.050 |
| Juni  | 86.9250      | 94.00        | 92.4734    | 7555.96  | 8836.00  | 8170.950 |
| Juli  | 57.0000      | 62.00        | 91.9355    | 3249.00  | 3844.00  | 3534.000 |
|       | 423.2250     | 473.00       | 89.4767    | 30725.39 | 38057.00 | 34145.85 |

Koefisien korelasi : (EX)<sup>2</sup> (EY)<sup>2</sup>  
Rxy 0.954506622 179119.4006 223729.00

| FA-16 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2       | Y2       | XY       |
|-------|--------------|--------------|------------|----------|----------|----------|
| Feb   | 51.0000      | 58.00        | 87.9310    | 2601.00  | 3364.00  | 2958.000 |
| Maret | 69.0000      | 74.00        | 93.2432    | 4761.00  | 5476.00  | 5106.000 |
| April | 69.0000      | 82.00        | 84.1463    | 4761.00  | 6724.00  | 5658.000 |
| Mei   | 36.0000      | 40.00        | 90.0000    | 1296.00  | 1600.00  | 1440.000 |
| Juni  | 30.0000      | 32.00        | 93.7500    | 900.00   | 1024.00  | 960.000  |
| Juli  | 69.0000      | 69.00        | 100.0000   | 4761.00  | 4761.00  | 4761.000 |
|       | 324.0000     | 355.00       | 91.2676    | 19080.00 | 22949.00 | 20883.00 |

Koefisien korelasi : (EX)<sup>2</sup> (EY)<sup>2</sup>  
Rxy 0.9760 104976.0000 126025.00

| FA-18 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2       | Y2       | XY        |
|-------|--------------|--------------|------------|----------|----------|-----------|
| Feb   | 104.0000     | 112.00       | 92.8571    | 10816.00 | 12544.00 | 11648.000 |
| Maret | 112.0000     | 120.00       | 93.3333    | 12544.00 | 14400.00 | 13440.000 |
| April | 74.0000      | 88.00        | 84.0909    | 5476.00  | 7744.00  | 6512.000  |
| Mei   | 102.0000     | 112.00       | 91.0714    | 10404.00 | 12544.00 | 11424.000 |
| Juni  | 122.0000     | 125.00       | 97.6000    | 14884.00 | 15625.00 | 15250.000 |
| Juli  | 80.0000      | 82.00        | 97.5610    | 6400.00  | 6724.00  | 6560.000  |
|       | 594.0000     | 639.00       | 92.9577    | 60524.00 | 69581.00 | 64834.00  |

Koefisien korelasi : (EX)<sup>2</sup> (EY)<sup>2</sup>  
Rxy 0.971016329 352836.0000 408321.00

| FA-19 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2       | Y2       | XY       |
|-------|--------------|--------------|------------|----------|----------|----------|
| Feb   | 79.8000      | 73.00        | 109.3151   | 6368.04  | 5329.00  | 5825.400 |
| Maret | 73.2000      | 76.00        | 96.3158    | 5358.24  | 5776.00  | 5563.200 |
| April | 78.0000      | 92.00        | 84.7826    | 6084.00  | 8464.00  | 7176.000 |
| Mei   | 72.0000      | 80.00        | 90.0000    | 5184.00  | 6400.00  | 5760.000 |
| Juni  | 48.0000      | 50.00        | 96.0000    | 2304.00  | 2500.00  | 2400.000 |
| Juli  | 33.0000      | 34.00        | 97.0588    | 1089.00  | 1156.00  | 1122.000 |
|       | 384.0000     | 405.00       | 94.8148    | 26387.28 | 29625.00 | 27846.60 |

Koefisien korelasi :  $(EX)^2$   $(EY)^2$   
Rxy 0.946494749 147456.0000 164025.00

| FA-20 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2       | Y2       | XY       |
|-------|--------------|--------------|------------|----------|----------|----------|
| Feb   | 36.4000      | 40.00        | 91.0000    | 1324.96  | 1600.00  | 1456.000 |
| Maret | 28.0000      | 30.00        | 93.3333    | 784.00   | 900.00   | 840.000  |
| April | 14.0000      | 18.00        | 77.7778    | 196.00   | 324.00   | 252.000  |
| Mei   | 75.6000      | 88.00        | 85.9091    | 5715.36  | 7744.00  | 6652.800 |
| Juni  | 56.0000      | 58.00        | 96.5517    | 3136.00  | 3364.00  | 3248.000 |
| Juli  | 28.0000      | 29.00        | 96.5517    | 784.00   | 841.00   | 812.000  |
|       | 238.0000     | 263.00       | 90.4943    | 11940.32 | 14773.00 | 13260.80 |

Koefisien korelasi :  $(EX)^2$   $(EY)^2$   
Rxy 0.9932 56644.0000 69169.00

| FA-26A | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2       | Y2        | XY        |
|--------|--------------|--------------|------------|----------|-----------|-----------|
| Feb    | 131.8039     | 144.00       | 91.5305    | 17372.27 | 20736.00  | 18979.760 |
| Maret  | 171.1483     | 190.00       | 90.0781    | 29291.75 | 36100.00  | 32518.183 |
| April  | 49.1806      | 60.00        | 81.9676    | 2418.73  | 3600.00   | 2950.833  |
| Mei    | 67.8692      | 76.00        | 89.3015    | 4606.22  | 5776.00   | 5158.057  |
| Juni   | 151.4761     | 166.00       | 91.2507    | 22945.01 | 27556.00  | 25145.034 |
| Juli   | 106.2300     | 112.00       | 94.8482    | 11284.81 | 12544.00  | 11897.760 |
|        | 677.7081     | 748.00       | 90.6027    | 87918.79 | 106312.00 | 96649.63  |

Koefisien korelasi :  $(EX)^2$   $(EY)^2$   
Rxy 0.9980 459288.2086 559504.00

| FA-26B | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2       | Y2       | XY        |
|--------|--------------|--------------|------------|----------|----------|-----------|
| Feb    | 68.0000      | 75.00        | 90.6667    | 4624.00  | 5625.00  | 5100.000  |
| Maret  | 96.3333      | 105.00       | 91.7460    | 9280.11  | 11025.00 | 10115.000 |
| April  | 90.6667      | 108.00       | 83.9506    | 8220.44  | 11664.00 | 9792.000  |
| Mei    | 45.3333      | 50.00        | 90.6667    | 2055.11  | 2500.00  | 2266.667  |
| Juni   | 79.3333      | 86.00        | 92.2481    | 6293.78  | 7396.00  | 6822.667  |
| Juli   | 52.7000      | 58.00        | 90.8621    | 2777.29  | 3364.00  | 3056.600  |
|        | 432.3667     | 482.00       | 89.7026    | 33250.73 | 41574.00 | 37152.93  |

Koefisien korelasi :  $(EX)^2$   $(EY)^2$   
Rxy 0.9898 186940.9344 232324.00

| FA-27 | Simulasi (X) | Jam Mesin(Y) | Prosentase | X2      | Y2      | XY       |
|-------|--------------|--------------|------------|---------|---------|----------|
| Feb   | 37.0500      | 40.00        | 92.6250    | 1372.70 | 1600.00 | 1482.000 |
| Maret | 39.9000      | 43.00        | 92.7907    | 1592.01 | 1849.00 | 1715.700 |
| April | 26.3625      | 32.00        | 82.3828    | 694.98  | 1024.00 | 843.600  |
| Mei   | 36.3375      | 40.00        | 90.8438    | 1320.41 | 1600.00 | 1453.500 |
| Juni  | 43.4625      | 48.00        | 90.5469    | 1888.99 | 2304.00 | 2086.200 |
| Juli  | 28.5000      | 32.00        | 89.0625    | 812.25  | 1024.00 | 912.000  |
|       | 211.6125     | 235.00       | 90.0479    | 7681.35 | 9401.00 | 8493.00  |

Koefisien korelasi :  $(EX)^2$   $(EY)^2$   
Rxy 0.9888 44779.8502 55225.00

## **LAMPIRAN 3**

DATA STATISTIK

Tabel Statistik bulan Maret

| Sta.Kerja | Produk | %AgeOcc | %TageOcc | %age_Wa | %age_Work | WorkTime | %age_Block | BlockTime | %age_Pause | PauseTime |
|-----------|--------|---------|----------|---------|-----------|----------|------------|-----------|------------|-----------|
| FA03      | 1776   | 90.47   | 90.47    | 9.53    | 53.93     | 548760   | 36.54      | 371871    | 0          | 0         |
| FA07      | 210    | 66.49   | 52.93    | 26.63   | 52.93     | 538650   | 0          | 0         | 20.39      | 207476    |
| FA10      | 640    | 99.94   | 99.94    | 0.06    | 99.94     | 1016960  | 0          | 0         | 0          | 40        |
| FA11      | 440    | 99.88   | 72.34    | 0.09    | 72.34     | 736120   | 0          | 0         | 27.57      | 280580    |
| FA13      | 256    | 99.96   | 78.79    | 0.03    | 78.79     | 801792   | 0          | 0         | 21.18      | 215508    |
| FA14      | 56     | 57.61   | 28.23    | 20.77   | 28.23     | 287280   | 0          | 0         | 50.99      | 518920    |
| FA16      | 46     | 44.44   | 24.41    | 30.52   | 24.41     | 248400   | 0          | 0         | 45.07      | 458628    |
| FA18      | 56     | 79.7    | 39.62    | 10.09   | 39.62     | 403200   | 0          | 0         | 50.29      | 511720    |
| FA19      | 244    | 39.36   | 25.9     | 39.9    | 25.9      | 263520   | 0          | 0         | 34.21      | 348093    |
| FA20      | 20     | 17.35   | 9.91     | 47.18   | 9.91      | 100800   | 0          | 0         | 42.92      | 436742    |
| FA26A     | 174    | 99.81   | 60.55    | 0.12    | 60.55     | 616134   | 0          | 0         | 39.33      | 400266    |
| FA26B     | 340    | 42.88   | 34.08    | 45.4    | 34.08     | 346800   | 0          | 0         | 20.52      | 208768    |
| FA27      | 56     | 28.25   | 14.12    | 35.85   | 14.12     | 143640   | 0          | 0         | 50.03      | 509155    |

Tabel Statistik Alternatif I

| Sta.Kerja | Produk | %AgeOcc | %TageOcc | %age_Wa | %age_Work | WorkTime | %age_Block | BlockTime | %age_Pause | PauseTime |
|-----------|--------|---------|----------|---------|-----------|----------|------------|-----------|------------|-----------|
| FA03      | 1776   | 92.3    | 92.3     | 7.7     | 61.59     | 548760   | 30.71      | 273653    | 0          | 0         |
| FA07      | 210    | 68.6    | 60.45    | 27.67   | 60.45     | 538650   | 0          | 0         | 11.88      | 105824    |
| FA10      | 560    | 99.93   | 99.87    | 0.07    | 99.87     | 889640   | 0          | 0         | 0.06       | 560       |
| FA11      | 510    | 99.89   | 95.76    | 0.1     | 95.76     | 853230   | 0          | 0         | 4.14       | 36870     |
| FA13      | 256    | 99.96   | 89.99    | 0.03    | 89.99     | 801792   | 0          | 0         | 9.98       | 88908     |
| FA14      | 56     | 57.61   | 32.24    | 23.73   | 32.24     | 287280   | 0          | 0         | 44.03      | 392320    |
| FA16      | 46     | 56.69   | 27.88    | 21.3    | 27.88     | 248400   | 0          | 0         | 50.82      | 452792    |
| FA18      | 56     | 79.7    | 45.25    | 11.52   | 45.25     | 403200   | 0          | 0         | 43.22      | 385120    |
| FA19      | 244    | 49.06   | 29.58    | 30.71   | 29.58     | 263520   | 0          | 0         | 39.71      | 353827    |
| FA20      | 20     | 36.76   | 11.31    | 19.46   | 11.31     | 100800   | 0          | 0         | 69.23      | 616819    |
| FA26A     | 184    | 99.82   | 73.13    | 0.13    | 73.13     | 651544   | 0          | 0         | 26.74      | 238256    |
| FA26B     | 340    | 53.05   | 38.92    | 34.45   | 38.92     | 346800   | 0          | 0         | 26.63      | 237236    |
| FA27      | 56     | 28.25   | 16.12    | 40.94   | 16.12     | 143640   | 0          | 0         | 42.94      | 382555    |

Tabel Statistik Alternatif II

| Sta.Kerja | Produk | %AgeOcc | %TageOcc | %age_Wa | %age_Wo | WorkTime | %age_Block | BlockTime | %age_Pause | PauseTime | SimTime |
|-----------|--------|---------|----------|---------|---------|----------|------------|-----------|------------|-----------|---------|
| FA03      | 1776   | 99.96   | 90.84    | 0.03    | 63.41   | 548760   | 22.43      | 179966    | 9.12       | 73200     | 802200  |
| FA07      | 210    | 71.89   | 67.15    | 26.25   | 67.15   | 538650   | 0          | 0         | 6.6        | 52954     | 802200  |
| FA10      | 630    | 99.92   | 91.49    | 0.07    | 91.49   | 733950   | 0          | 0         | 8.43       | 67650     | 802200  |
| FA11      | 440    | 99.88   | 91.76    | 0.11    | 91.76   | 736120   | 0          | 0         | 8.13       | 65180     | 802200  |
| FA13      | 256    | 99.96   | 99.95    | 0.04    | 99.95   | 801792   | 0          | 0         | 0.01       | 108       | 802200  |
| FA14      | 56     | 57.59   | 35.81    | 26.37   | 35.81   | 287280   | 0          | 0         | 37.81      | 303350    | 802200  |
| FA16      | 46     | 72.43   | 30.96    | 11.79   | 30.96   | 248400   | 0          | 0         | 57.25      | 459246    | 802200  |
| FA18      | 56     | 79.35   | 50.26    | 13.08   | 50.26   | 403200   | 0          | 0         | 36.66      | 294080    | 802200  |
| FA19      | 244    | 57.06   | 32.85    | 24.72   | 32.85   | 263520   | 0          | 0         | 42.43      | 340345    | 802200  |
| FA20      | 20     | 50.35   | 12.57    | 12.39   | 12.57   | 100800   | 0          | 0         | 75.04      | 602005    | 802200  |
| FA26A     | 184    | 99.82   | 81.22    | 0.15    | 81.22   | 651544   | 0          | 0         | 18.63      | 149456    | 802200  |
| FA26B     | 340    | 53.05   | 43.23    | 38.27   | 43.23   | 346800   | 0          | 0         | 18.5       | 148436    | 802200  |
| FA27      | 56     | 28.13   | 17.91    | 45.75   | 17.91   | 143640   | 0          | 0         | 36.34      | 291515    | 802200  |

**LAMPIRAN 4**  
**REKOMENDASI PT. PAL INDONESIA**

## SURAT REKOMENDASI

Dengan surat rekomendasi ini, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : AMIN BUDIONO  
Jabatan : PERENCANAAN PEKERJAAN BKL. FAB. LAMB.  
Perusahaan : P.T. PAL INDONESIA

Menyatakan bahwa mahasiswa dengan data sebagai berikut

Nama : Widiantoro Herisantoso  
NRP : 4195.100.016  
Jurusan : Teknik Perkapalan, FT.Kelautan, ITS Surabaya

Telah melakukan penelitian di SBP 30.000 PT. PAL INDONESIA dengan judul  
"Analisa Line Balancing dengan Metode Largest-Candidate pada proses produksi di SBP  
30.000 PT. PAL INDONESIA"

Dari hasil penelitian tersebut maka saya merekomendasikan bahwa : \_\_\_\_\_

*Hasil tugas akhir ini baik dan bisa diterima*  
*Saran : Perlu ada Evaluasi tentang kemampuan mesin /*  
*peralatan kerja dan SDM jika Hasil tersebut*  
*diaplikasikan ke pekerjaan sebenarnya.*

Demikian surat ini dibuat sebagai masukan dan saran dalam penelitian tersebut di  
atas.

Surabaya, Juli 2000

Mengetahui

Koordinator Sertifikasi & OJT  
PT PAL Indonesia

*Nursaid*  
Ir. Nursaid



*AMIN BUDIONO*

(.. AMIN BUDIONO ..)  
NIP: 103943601