

**OPTIMASI JUMLAH KANBAN PADA SISTEM JUST IN TIME
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI
(Studi Kasus di Laboratorium Sistem Manufaktur FTI UII)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri**



oleh :

Nama : Defito Ardinapuri

No. Mahasiswa : 02 522 134

**TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA**

2007

**OPTIMASI JUMLAH KANBAN PADA SISTEM JUST IN TIME
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI
(Studi Kasus di Laboratorium Sistem Manufaktur FTI UII)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri**



oleh :

Nama : Defito Ardinapuri

No. Mahasiswa : 02 522 134

**TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2007**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

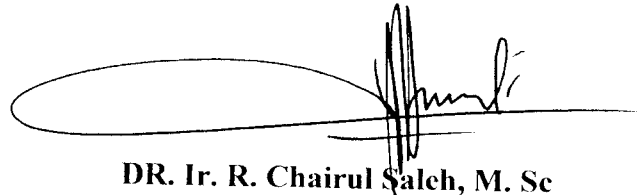
**OPTIMASI JUMLAH KANBAN PADA SISTEM JUST IN TIME
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI
(Studi Kasus di Laboratorium Sistem Manufaktur FTI UII)**

TUGAS AKHIR

oleh :
Nama : Defito Ardinapuri
No. Mahasiswa : 02 522 134

Jogyakarta, Februari 2007

Pembimbing



DR. Ir. R. Chairul Saleh, M. Sc

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**OPTIMASI JUMLAH KANBAN PADA SISTEM JUST IN TIME
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI
(Studi Kasus di Laboratorium Sistem Manufaktur FTI UII)**

TUGAS AKHIR

oleh :

Nama : Defito Ardinapuri
No. Mahasiswa : 02 522 134

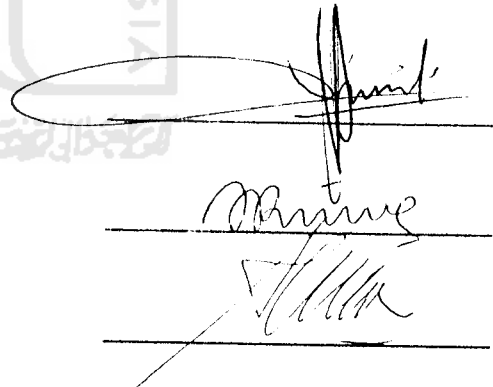
Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta, Maret 2007

Tim Penguji

DR. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc
Ketua

Ir. Elisa Kusrini, MT
Anggota I

Agus Mansur, ST, M.Eng.Sc
Anggota II



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia

DR. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc



SURAT KETERANGAN

Nomor : 017/ KALAB SIMAN/ 70/ LAB SIMAN/ I/ 2007

Yang bertanda tangan dibawah ini, Kepala Laboratorium Sistem Manufaktur Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia menerangkan bahwa :

NAMA : Defito Ardinapuri

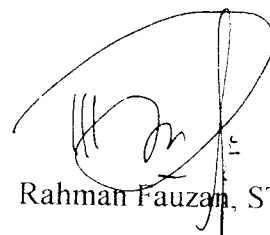
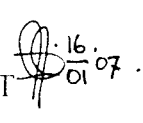
NO MHS : 02 522 134

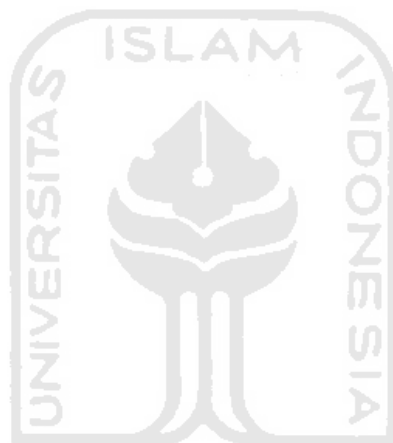
**JUDUL : Optimasi Jumlah Kanban dalam Sistem Just In Time
Dengan Pendekatan Simulasi Menggunakan Software
ProModel 6.0**

Telah selesai melakukan penelitian dengan judul tersebut di atas di Lab. Sistem Manufaktur. Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jogjakarta, .. Januari 2007

Kepala Laboratorium SIMAN,


Rahman Fauzan, ST 



Persembahanku Untuk...



Kedua Orang Tuaku,

Terima kasih atas doa dan kasih sayang yang tiada henti

Kedua adikku,

Semoga aku bisa menjadi kakak yang baik untuk kalian

Keluarga Besar,

Terima kasih atas perhatian dan dukungan yang bermanfaat untukku

Sahabat-sahabatku,

Yang telah memberi semangat berarti bagiku

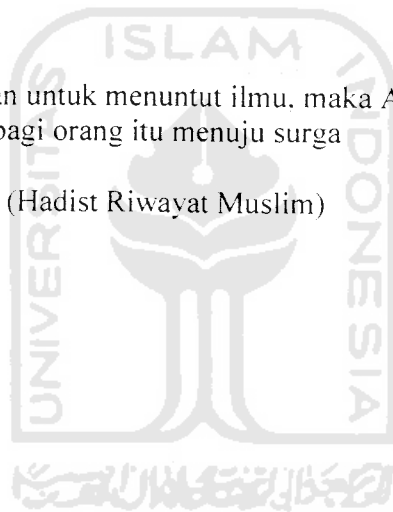
MOTTO

Katakanlah “Dia adalah Allah, Tuhan Yang Maha Esa”
Allah satu-satunya tempat bergantung
Ia tiada beranak dan tiada pula diperanakan
Tiada sesuatu pun yang sepadan dengan-Nya

(QS. Al Ikhlâas : 1-4)

Barang siapa menempuh jalan untuk menuntut ilmu, maka Allah memudahkan jalan
bagi orang itu menuju surga

(Hadist Riwayat Muslim)



KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Serta sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta para pengikutnya.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan tahap akhir dari serangkaian penelitian yang dilakukan di Laboratorium Sistem Produksi FTI UII, Jogjakarta dan disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S-1) Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis banyak memperoleh bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Chairul Saleh, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah mengarahkan serta memberikan banyak tambahan ilmu yang bermanfaat bagi penulis
2. Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
3. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

4. Segenap Dosen dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri , khususnya jurusan Teknik Industri atas segala dedikasinya dalam memberikan ilmu kepada penulis serta bantuan dalam berbagai hal.
5. Keluarga penulis, yang selalu memberikan doa, perhatian, dan dukungan kepada penulis
6. Yopi dan Nuradkha, selaku manajer PPIC PT. Toyota Astra Motor Jakarta, Indonesia yang telah meberikan banyak bantuan selama dilakukan penelitian ini
7. Seluruh asisten Laboratorium Sistem Manufaktur
8. Semua pihak yang membantu selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari bahwa dalam analisa maupun dalam penyajian dari penulisan masih jauh dari sempurna. Segala saran dan kritik akan diterima dengan senang hati untuk perbaikan dimasa yang akan datang.

Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Jogjakarta, Februari 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
SURAT KETERANGAN PENELITIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	7

BAB II LANDASAN TEORI	9
2.1 Pendahuluan	9
2.2 Kajian Literatur	10
2.2.1 Just in Time	10
2.2.2 Autonomasi.....	16
2.2.3 Kanban.....	17
2.2.4 Pemodelan Sistem.....	22
2.2.4.1 Pendekatan Sistem	22
2.2.4.2 Model	23
2.2.4.3 Simulasi.....	24
2.2.4.4 Bagian-Bagian Model Simulasi.	27
2.2.4.5 Validasi Data dan Verifikasi.....	29
2.2.4.6 Analisa Hasil Output Simulasi.....	35
2.2.5 Perangkat Lunak Promodel 6.0.....	37
2.2.5.1 Bahasa Pemrograman Simulasi.....	37
2.2.5.2 Keunggulan Promodel 6.0.....	39
2.2.5.3 Promodel dalam Pemodelan Sistem.....	40
2.2.5.4 Stat Fit.....	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	48
3.1 Studi Pustaka.....	49
3.2 Penentuan Obyek Penelitian	49

3.3	Analisa Model	49
3.3.1	Aplikasi Model pada Penelitian.....	51
3.3.2	Alat Analisa.....	52
3.3.3	Analisa Dimensi Model.....	55
3.4	Model Simulasi Promodel	55
3.5	Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	56
3.6	Pengumpulan Data	56
3.7	Pengolahan Data dan Analisis Hasil.....	57
3.8	Hasil Penelitian	59
3.9	Peta Penelitian.....	59
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		60
4.1	Pengumpulan Data.....	60
4.1.1	Struktur Produk/ <i>Bill Of Material</i> Produk	
	Tamiya Astute dan Sonic	61
4.1.2	Aliran proses Produksi	63
4.1.3	Proses Produksi.....	64
	4.1.3.1 Proses Perakitan di <i>Assy Line</i>	65
4.1.4	Peta Proses Operasi.....	71
4.1.5	Alat yang digunakan	71
4.1.6	Kapasitas Kontainer	71
4.1.7	Jumlah Tenaga Kerja	71
4.1.8	Jam Tenaga Kerja	72

4.1.9	Alokasi Biaya	72
4.2	Pengolahan Data	73
4.2.1	Permintaan Produk	73
4.2.2	Jumlah Kebutuhan <i>Part</i>	74
4.2.3	Ukuran Lot Kanban	75
4.2.4	Lead Time.....	76
4.2.5	Rata-Rata Waktu Siklus	78
4.2.6	Jumlah Kanban	79
4.2.7	Makespan.....	79
4.2.8	Analisa biaya	79
4.2.8.1	Biaya Waktu Tunggu.....	79
4.2.8.2	Biaya Kanban.....	80
4.2.8.3	<i>Total Cost</i>	80
4.3	Simulasi Sistem.....	81
4.3.1	Formulasi Masalah.....	81
4.3.2	Pengumpulan Data Simulasi	81
4.3.3	Pengolahan Distribusi Waktu	82
4.3.4	Validasi Data Output.....	83
4.3.5	Perancangan Model Eksperimen	89
4.3.6	Jalankan Model Eksperimen.....	90
4.3.7	Hasil Simulasi.....	91

BAB V PEMBAHASAN.....	94
-----------------------	----

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	98
----------------------------------	----

6.1 Kesimpulan	98
----------------------	----

6.2 Saran	98
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	<i>Bill Of Material</i> Tamiya Astute dan Tamiya Sonic	62
Tabel 4.2	Elemen Kerja dalam Proses Perakitan Tamiya Sonic	65
Tabel 4.3	Elemen Kerja dalam Proses Perakitan Tamiya Astute.....	66
Tabel 4.4	Waktu Proses Perakitan Astute dan Sonic di setiap Stasiun Kerja	68
Tabel 4.5	Data Waktu Transfer	69
Tabel 4.6	Waktu Penyiapan kanban dan Waktu Penyiapan Material	69
Tabel 4.7	Permintaan Astute dan Sonic.....	70
Tabel 4.8	Data Peralatan yang Digunakan	71
Tabel 4.9	Data Jumlah Tenaga Kerja	72
Tabel 4.10	Jumlah Kebutuhan <i>Part</i>	74
Tabel 4.11	Ukuran Lot Kanban.....	75
Tabel 4.12	Lead Time <i>Production</i> Kanban <i>Part</i>	76
Tabel 4.13	Lead time Withdrawal Kanban <i>Part</i>	77
Tabel 4.14	Jumlah Kanban.....	79
Tabel 4.15	Perbandingan output sistem simulasi dan nyata.....	83
Tabel 4.16	Jumlah produk astute dan sonic.....	91
Tabel 4.17	Total jumlah kanban.....	92

DAFTAR GAMBAR

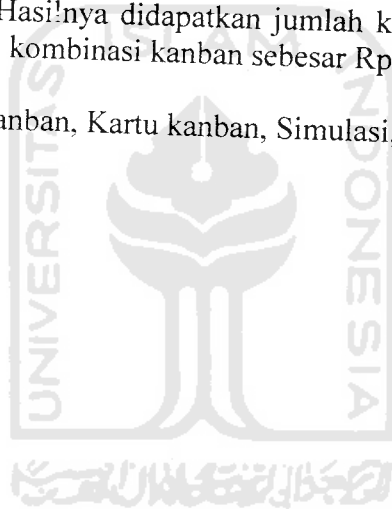
Gambar 2.1	Sistem Produksi <i>Just-In-Time</i> (JIT)	13
Gambar 2.2	Diagram Alir Syarat-syarat Penerapan JIT	15
Gambar 2.3	Aliran Proses Sebelum (<i>Proceding Procces</i>) dan Sesudah (<i>Subsequent Procces</i>)	18
Gambar 2.4	Aliran Material dan Penyusunan Jadwal dalam Sistem Dorong dan Tarik	18
Gambar 2.5	Diagram Studi Sistem.....	24
Gambar 2.6	Hubungan Verifikasi dan Validasi	37
Gambar 2.8	Tampilan <i>Locations</i>	41
Gambar 2.9	Tampilan <i>Entities</i>	41
Gambar 2.10	Tampilan <i>Arrivals</i>	42
Gambar 2.11	Tampilan <i>Processing</i>	42
Gambar 2.12	Tampilan <i>Logic Builder</i>	43
Gambar 2.13	Tampilan Membuka bilangan random	44
Gambar 2.14	Tampilan Bilangan Random.....	45
Gambar 2.15	Tampilan Grafik bilangan random	45
Gambar 2.16	Tampilan Distribusi sesuai	46
Gambar 2.17	Tampilan Hasil Distribusi	46
Gambar 2.18	Tampilan Grafik Distribusi Data.....	47
Gambar 3.1	Diagram Alir Kerangka Penelitian	48

Gambar 3.2	Sistem Pengendalian Manufaktur Kanban	50
Gambar 3.3	Pengembangan Model dalam Penelitian	51
Gambar 3.4	Tampilan Promodel Simulasi Shop Floor.....	55
Gambar 3.5	Langkah-langkah simulasi.....	58
Gambar 3.6	Peta Penelitian yang dilaksanakan.....	59
Gambar 4.1	Layout Lantai Produksi di Laboratorium Sistem Manufaktur	61
Gambar 4.2	Aliran Proses Produksi di Laboratorium Sistem Manufaktur	63
Gambar 4.3	Statistik Deskriptif Sistem Nyata.....	84
Gambar 4.4	Statistik Deskriptif Simulasi.....	84
Gambar 4.5	Tampilan Promodel.....	90

Abstrak

Sistem produksi *Just In Time* (JIT) memiliki konsep tepat produk, tepat jumlah, dan tepat waktu dengan tujuan menghilangkan segala jenis pemborosan (MUDA, MURA, MURI) dan melaksanakan kegiatan perbaikan terus menerus (KAIZEN). Sistem JIT dimanajemeni oleh sistem kanban di rantai produksinya. Sistem kanban adalah sistem informasi yang secara serasi mengendalikan jumlah produksi dalam proses. Sistem kanban ini diimplementasikan dengan penggunaan kartu kanban sebagai alat komunikasi yang berisi informasi mengenai jumlah pengambilan dan produksi. Jumlah kartu kanban yang digunakan menjadi tolak ukur didalam pengendalian produksi untuk mengukur produktivitas dalam hal jumlah dan kualitas. Penelitian ini ditujukan untuk mencari jumlah kanban optimal berdasarkan total biaya kombinasi kanban minimum dengan model matematis yang ada. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi dengan software Promodel 6.0 tersebut cukup efektif dan mampu mendapatkan solusi yang mendekati optimal. Hasilnya didapatkan jumlah kanban optimal 112 kartu kanban dengan Total biaya kombinasi kanban sebesar Rp 188.522,43

Kata kunci: JIT, Sistem kanban, Kartu kanban, Simulasi, Promodel



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem perindustrian yang berdasarkan JIT untuk pertama kalinya dikemukakan oleh Yoshuhiro Monden (1995) dari Toyota. Ide dasarnya berawal dari kegiatan di supermarket yaitu pada pengisian kembali rak barang yang kosong atau pada batas tertentu setelah ada konfirmasi dari counter.

Kegiatan didalam supermarket tersebut memberikan ide baru pada aktivitas manufaktur, dimana pada system manufaktur tradisional mengatur jadwal produksi berdasarkan pada peramalan kebutuhan di masa yang akan datang. Produksi yang berdasarkan prediksi terhadap masa yang akan datang memiliki resiko kerugian yang lebih besar karena terjadi produksi berlebih yang tidak berdasarkan pada permintaan sesungguhnya. Oleh karena itu maka muncul konsep JIT yang akan berproduksi bila ada permintaan.

Sistem supermarket mengilhami suatu proses produksi untuk melakukan aktivitasnya apabila diisyaratkan oleh proses berikutnya ke proses sebelumnya untuk berproduksi. Dalam supermarket ini konsumen yang mengambil barang terakhir yang ada di rak atau sampai pada batas tertentu merupakan isyarat untuk mengambil segera stok yang sama dalam jumlah yang sama setelah diketahui berapa barang yang telah diambil oleh konsumen melalui counter. Dalam JIT permintaan counter kepada bagian gudang untuk mengisi rak kembali sama halnya dengan mengirim kanban

produksi ke proses sebelumnya untuk melakukan produksi sesuai permintaannya. Sebagai akibatnya pemborosan dapat dihilangkan dalam skala besar yaitu berupa perbaikan kualitas dan biaya produksi lebih rendah (Monden, 1995).

Secara umum, sistem JIT jika diimplementasikan secara tepat maka akan dapat menghasilkan peningkatan produktivitas, mengurangi *work in process* (WIP) inventori, dan menghasilkan produk yang berkualitas tinggi. Namun hal ini tergantung kepada faktor lingkungan dari sistem JIT. Di dalam JIT sendiri parameter lead time dan WIP sangat penting dalam penentuan kinerja sistem. Sementara itu dalam JIT, inventori dikendalikan oleh sejumlah kanban yang di alokasikan. Kanban adalah suatu istilah yang artinya adalah *kartu*. Dalam kartu tersebut ada informasi apa dan jumlah permintaan suku cadang yang harus diproduksi (Wang dan Wang, 1991). Deleersnyder *et.al.*, (1989) menempatkan persoalan penentuan kanban dalam konteks implementasinya pada keseluruhan sistem. Kemudian Monden (1995) mengajukan model persamaan menentukan jumlah kanban untuk perusahaan Toyota Motor seperti berikut:

$$k_i = \frac{\tau_i D_i (1 + \alpha)}{n_i}$$

Dimana k_i adalah jumlah kanban untuk tipe part i , n_i adalah ukuran kontainer part i , τ_i adalah jumlah lead time (waktu pemesanan yang terdiri dari waktu pengolahan, waktu tunggu, waktu pengiriman, dan waktu pengumpulan kanban), dan D_i adalah rata-rata permintaan tipe part i . Ketika rata-rata permintaan diketahui, beberapa

variabilitas tidak ada disebabkan urutan order pada final perakitan dan permintaan yang mengambang. Dikarenakan α adalah faktor keamanan untuk menangani terjadi variabilitas maka persoalannya adalah bagaimana cara menentukan α yang tepat. Askin *et.al.*, (1993) mengajukan suatu pendekatan yang ekonomis memilih k_i dan kemudian α . Tujuannya untuk meminimasi jumlah biaya inventori dan pemesanan kembali. Minimasi ini diformulasikan dengan waktu yang kontinyu, model Markov steady state untuk menentukan jumlah kanban yang digunakan untuk setiap tipe part pada setiap stasiun kerja dalam sistem JIT. Model ini kemudian memilih α yang tepat pada setiap kasus. Fukukawa dan Hong (1993) telah mengajukan pendekatan model *mixed integer programming* untuk menilai banyak faktor yang menentukan pada aturan penentuan jumlah kanban di dalam sistem produksi JIT. Fungsi tujuannya adalah untuk menentukan biaya penyimpanan inventori, biaya berbagai macam dan keterlambatan operasi. Muckstadt dan Tayur (1995) menggunakan metode heuristik untuk menentukan jumlah kanban. Sedangkan Aytug *et.al.*, (1996), telah menentukan jumlah kanban dalam sistem produksi pull dengan model metaregressi. Sedangkan Hurion (1997) telah menemukan pendekatan penentuan optimum jumlah kanban dengan metode neural network.

Didalam lingkup pabrik Toyota sendiri khususnya di PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia (TMMIN) Jakarta, penentuan jumlah kanban dilakukan bagian PCD (Production Control Division) secara periodik. Kegiatan ini bukan hanya didalam pabrik Toyota saja, tetapi juga antara supplier (pemasok) dengan Toyota.

Didalam perkembangannya, saat ini di PT TMMIN telah ada jenis kanban baru yang disebut dengan *e – Kanban (electronic kanban)*. Kanban ini berperan sebagai kanban eksternal untuk memberikan informasi kepada pihak luar seperti supplier untuk mengirim sejumlah part yang dibutuhkan dalam waktu tertentu. Keuntungan dari *e – kanban* ini adalah dapat menghemat waktu, lebih efektif dan efisien.

Dari kajian kepustakaan yang telah dilakukan seperti yang dipaparkan di atas itulah yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan studi untuk mencari jumlah kanban dan total biaya optimum penggunaan kanban dalam sistem produksi JIT dengan menggunakan metode simulasi yang menjadi tema dari penulisan Tugas Akhir penulis ini. Pada saat proposal ini diajukan kajian ini belum banyak diteliti orang, yang ada adalah penelitian yang dilakukan oleh Dengiz dan Alabas (2000) menggunakan Tabu Search dengan dua departemen, dua produk, dua assembly, dan empat part. Sedangkan penelitian yang akan dilakukan adalah menggunakan 2 departemen dengan variasi bahan baku lebih banyak.

Penelitian sebelumnya dengan topik yang sama telah dilakukan oleh Sari *et.al.*, (2006) yang meneliti tentang optimalisasi jumlah dan total biaya kanban dengan metode *Linear Programming*. Demikian juga Sundana *et.al.*, (2006) dengan topik dan fokus yang sama melakukan optimasi dengan metode *Genetic Algorithm*. Mia *et.al.*, (2006) dengan topik dan fokus yang sama pula melakukan optimasi dengan metode *Tabu Search*. Della *et.al.*, melakukan optimasi menggunakan metode *Immune system* dengan topik dan fokus yang sama.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah:

1. Berapakah Jumlah optimum kanban didalam sistem JIT jika dioptimasi dengan pendekatan simulasi menggunakan software Promodel 6.0 ?
2. Berapakah Total Biaya kombinasi kanban yang diperoleh dari jumlah kanban yang optimum ?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah perlu dilakukan untuk memfokuskan kajian yang akan dilakukan sehingga tujuan penelitian dapat dicapai dengan cepat dan baik adalah sebagai berikut:

1. Obyek penelitian hanya dilakukan pada lingkup internal yaitu di Laboratorium Sistem Manufaktur, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Penelitian hanya akan dilakukan pada salah satu aliran produksi yang tidak ada saling ketergantungan dengan aliran produksi lain.
3. Obyek yang diteliti hanya terfokus pada dua jenis item produk akhir saja.
4. Pasokan komponen pada stasiun kerja 1 tidak terbatas.
5. Ukuran atau volume kontainer sama untuk semua part dan produk.
6. Seluruh asumsi, data, maupun pembahasan sesuai dengan model matematis yang diajukan.

7. Pengamatan disesuaikan dengan kondisi laboratorium dan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang diajukan proposal ini adalah

1. Untuk mencari jumlah optimum kanban didalam sistem JIT menggunakan metode simulasi dengan software Promodel 6.0.
2. Mempelajari secara mendalam penggunaan kanban dalam sistem produksi JIT dan mencari pembuktian bahwa kanban dapat meningkatkan kinerja sistem produksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan berguna bagi perusahaan yang menggunakan sistem JIT. Jika optimum jumlah kanban dapat dicari dengan menggunakan simulasi promodel maka untuk selanjutnya perusahaan dapat menggunakannya dalam aktivitas produksinya.

1. Metode simulasi dengan Promodel 6.0 akan dapat memberikan nuansa baru bagi perusahaan yang menggunakan sistem JIT dan kanban.
2. Dapat menggunakan sistem kanban dalam peningkatan produktivitas dan kinerja produksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk lebih lebih terstrukturanya penulisan tugas akhir ini maka selanjutnya sistematika penulisan ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat kajian singkat tentang latar belakang dilakukan kajian. Permasalahan yang dihadapi, rumusan masalah yang dihadapi, batasan yang ditemui, tujuan penelitian, hipotesis kalau ada, tempat penelitian dan objek penelitian, sistematika penulisan yang diawali dengan bab II.

BAB II LANDASAN TEORI

Landasan teori memuat penjelasan tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian dan untuk merumuskan hipotesis, terutama yang berkaitan dengan konsep pemasaran. Tujuan dari bab ini adalah memberikan dasar atau acuan secara ilmiah yang berguna untuk membentuk kerangka berpikir yang berguna dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Mengandung uraian tentang bahan atau materi penelitian, alat tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Menguraikan tentang data-data yang dihasilkan selama penelitian kemudian mengolah data dengan metode yang telah ditentukan, hasil analisa.

BAB V PEMBAHASAN

Membahas tentang hasil penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan suatu kesimpulan atau saran yang harus diberikan untuk penelitian lanjutan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh melalui pembahasan hasil penelitian. Rekomendasi atau saran-saran yang perlu diberikan baik terhadap peneliti sendiri maupun kepada peneliti lain yang dimungkinkan hasil penelitian tersebut dapat dilanjutkan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pendahuluan

Sistem Kanban merupakan suatu sistem informasi yang secara serasi mengendalikan produksi produk yang diperlukan dalam jumlah yang diperlukan pada waktu yang diperlukan dalam setiap proses manufaktur maupun antar perusahaan. Sistem ini berorientasi pada pengurangan biaya atau perbaikan produktivitas yang dicapai dengan menghilangkan berbagai pemborosan. Proses perbaikan secara terus-menerus melalui implementasi sistem kanban ini dilakukan dengan mengendalikan jumlah kartu kanban. Jumlah kartu kanban yang digunakan menjadi tolak ukur didalam pengendalian produksi dan mengukur produktivitas.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian untuk menentukan jumlah kanban yang optimal. Muckstadt dan Tayur (1995) menggunakan metode heuristik untuk menentukan jumlah kanban. Aytug *et.al.*, (1996) telah menentukan jumlah kanban dalam sitem produksi pull dengan model metaregressi. Sedangkan Hurion (1997) telah menemukan pendekatan penentuan optimum jumlah kanban dengan metode neural network. Penelitian-penelitian tersebut memunculkan model matematis tertentu yang berhubungan dengan aplikasi kanban dengan tujuan menurunkan biaya produksi.

Pada penelitian ini akan menghitung berapa jumlah kanban yang optimal yang terfokus pada minimasi biaya total dari kombinasi kanban saja (B.Dengiz & Alabas 2000) dengan pendekatan kecerdasan buatan (artificial intelligent). Kemudian Chairul Saleh (2005) telah membuat suatu model matematis untuk menentukan jumlah kanban yang optimal sehingga dapat meminimasi biaya total dari biaya kanban. Namun model baru diselesaikan dengan metode heuristic dan algoritma genetika oleh Chairul Saleh, (2006). Optimasi terhadap model ini juga telah dilakukan melalui pendekatan Linear Programming, Algoritma Genetika dan Algoritma Tabu Search. Untuk selanjutnya optimasi terhadap model ini dilakukan dengan pendekatan simulasi menggunakan software Promodel 6.0.

2.2 Kajian Literatur

2.2.1 Just in Time (JIT)

JIT merupakan suatu filosofi yang bertujuan untuk meminimasi pemborosan (*waste*). Sistem JIT pada awalnya digunakan oleh Toyota Motor Corporation. Kini Toyota telah mengambil suatu bentuk baru yaitu Sistem Produksi Toyota (Toyota Production System) yang sekarang telah diterapkan beberapa perusahaan salah satunya adalah PT. ADM (*Astra Daihatsu Motor*). Ide dasar JIT adalah sangatlah sederhana yaitu memproduksi hanya kalau ada permintaan (*Pull System*) yang konsepnya adalah menghasilkan suatu yang dibutuhkan sama dengan saat yang dibutuhkan dan pada jumlah yang dibutuhkan (Monden, 1995).

Toyota Production System (Toyota Motor Company) menguraikan JIT bertujuan untuk menurunkan ongkos produksi, dengan menghilangkan MUDA

(pemborosan), MURA (ketidakaturan), dan MURI (hal yang berlebihan) dan juga mendukung konsep '*Build In Quality at Each Process*'

Pemborosan (MUDA) dapat diidentifikasi menjadi 7 jenis sebagai berikut:

1. Pemborosan dalam kelebihan produksi (*over Production*)
2. Pemborosan dalam stock
3. Pemborosan dalam transportasi atau pengangkutan
4. Pemborosan dalam proses
5. Pemborosan dalam menunggu
6. Pemborosan dalam gerakan (*motion*)
7. Pemborosan dalam barang rusak (*defect atau repair*)

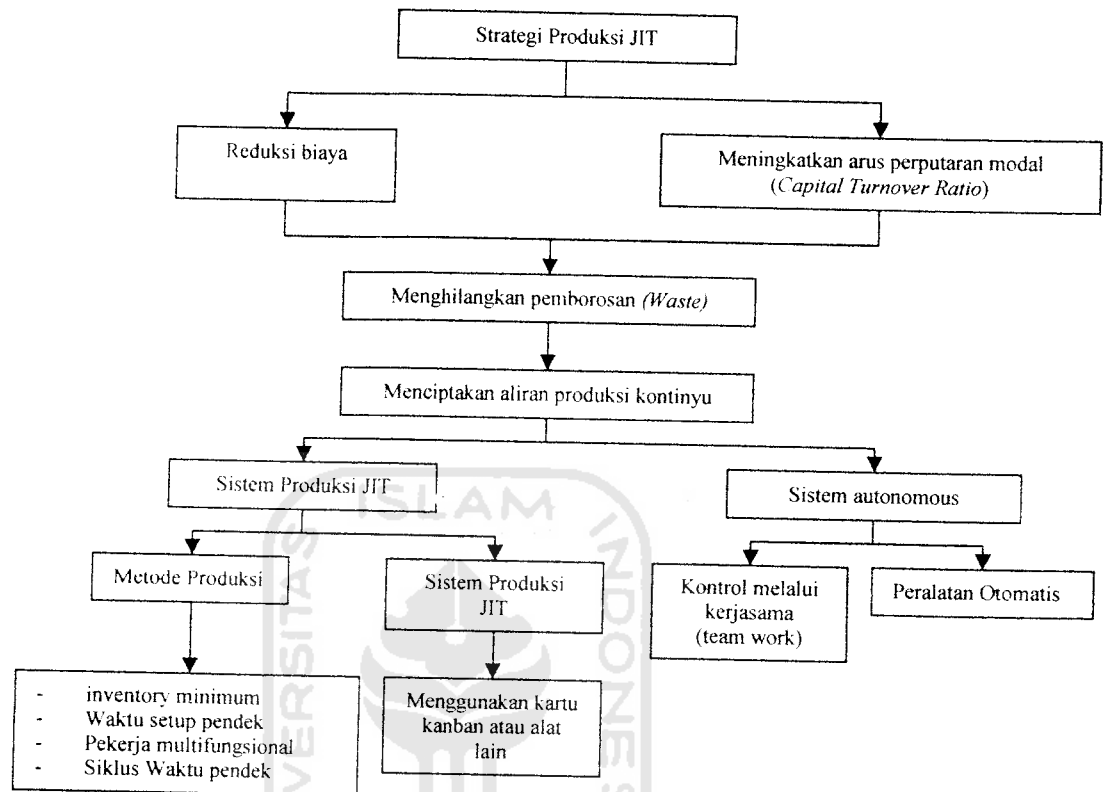
Prinsip dasar JIT adalah meningkatkan kemampuan perusahaan secara kontinyu untuk merespon perubahan dengan meminimalkan pemborosan dengan cara melancarkan produksi (Heijunka), dengan aliran proses dengan lot kecil, menentukan pulling sistem. Ada empat aspek pokok dalam konsep JIT yang berhubungan dengan prinsip ini yaitu:

1. Menghilangkan semua aktivitas atau sumber-sumber yang tidak memberikan nilai tambah terhadap suatu produk jasa.
2. Komitmen terhadap kualitas prima.
3. Mendorong perbaikan berkesinambungan untuk meningkatkan efisiensi.
4. Memberikan tekanan pada penyederhanaan aktivitas dan peningkatan visibilitas aktivitas yang memberikan nilai tambah.

Sistem produksi tepat waktu yang pada dasarnya bermaksud menghasilkan produk yang diperlukan, dalam jumlah yang diperlukan dan pada waktu yang diperlukan memberikan jaminan kualitas yang tinggi pada produknya. Hal ini dapat dilihat dari kegiatan produksinya yang tidak memungkinkan suatu unit cacat proses terdahulu untuk mengalir ke proses berikutnya sehingga jaminan kualitas akan dimiliki produk tersebut yang akan mendukung daya jualnya. Dengan demikian kualitas yang dimiliki adalah kualitas yang berdasarkan bebas dari defisiensi yaitu kualitas yang di mata pelanggan adalah kualitas yang tinggi biasanya biaya yang akan dikeluarkan lebih rendah, bukan berdasarkan keistimewaan produk, dimana menurut pelanggan semakin baik keistimewaan produk semakin baik kualitasnya dan berdampak pada penjualan namun dari segi biaya biasanya lebih tinggi (Gaspersz, 1997).

Pada dasarnya sistem produksi JIT mempunyai enam tujuan dasar sebagai berikut:

- a. Mengintegrasikan dan mengoptimalkan setiap langkah dalam proses manufaktur.
- b. Menghasilkan produk berkualitas sesuai keinginan pelanggan.
- c. Menurunkan ongkos manufaktur secara terus-menerus.
- d. Menghasilkan produk hanya berdasarkan permintaan pelanggan.
- e. Mengembangkan fleksibilitas manufakturing.
- f. Mempertahankan komitmen tinggi untuk bekerja sama dengan pemasok dan pelanggan.



Gambar 2.1 sistem produksi Just in Time (JIT)

Pada gambar tersebut adalah sistem produksi JIT. Sistem produksi JIT menggunakan metode produksi yang berorientasi pada inventory minimum, waktu setup mesin dan peralatan yang pendek, penciptaan pekerja multifungsional, serta penyelesaian pekerjaan dalam waktu siklus pendek sesuai standar yang ditetapkan. Sistem produksi JIT menggunakan aliran informasi berupa kanban berbentuk kartu atau peralatan

lainnya seperti lampu. Kanban dalam bahasa Jepang berarti kartu yang memvisualkan catatan atau bisa juga menggunakan signal.

Terdapat beberapa keuntungan dan merupakan sasaran utama dari sistem produksi JIT antara lain sebagai berikut:

1. Pengurangan scrap dan rework.
2. Meningkatkan jumlah pemasok yang ikut JIT.
3. Meningkatkan kualitas proses industri (orientasi zero defect).
4. Mengurangi inventory (orientasi zero inventory).
5. Reduksi penggunaan ruang pabrik.
6. Linearitas output pabrik (berproduksi pada tingkat yang konstan selama waktu tertentu).
7. Pengurangan overhead.
8. Meningkatkan produktivitas total industri secara keseluruhan.

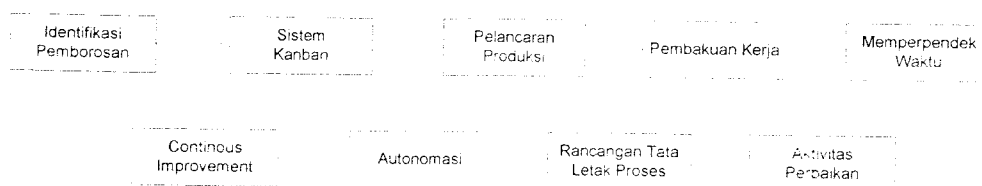
Beberapa syarat agar sistem produksi JIT dapat diterapkan yaitu antara lain:

1. Mengidentifikasi pemborosan
2. Penggunaan sistem kanban, yang merupakan sistem manajemen untuk sistem produksi tepat waktu.
3. Pelancaran produksi
4. Pembakuan kerja
5. Memperpendek waktu penyiapan (set up)
6. Aktivitas perbaikan

7. Perancangan tata letak proses

8. Autonomasi

Dari uraian diatas, maka dapat dibuat suatu diagram alir syarat-syarat penerapan sistem Just In Time sebagai berikut :



Gambar 2.2 Diagram Alir Syarat-Syarat Penerapan JIT

Gaspersz (1997) menyebutkan kualitas sebagai sesuatu yang memenuhi persyaratan yang diinginkan oleh konsumen. Sedangkan Deming (1994) menyatakan kualitas seharusnya bisa memenuhi konsumen baik saat ini maupun untuk masa yang akan datang.

Ukuran lot yang kecil dalam sistem JIT sesuai dengan filosofinya dalam praktek perlu dipertimbangkan, dengan ukuran lot yang kecil baik pada proses maupun pengiriman akan mengefektifkan operasi sistem JIT yaitu jumlah lot yang kecil dalam proses akan mengurangi persediaan dalam proses yang berakibat berkurangnya biaya penyimpanan, kebutuhan ruangan dan menyederhanakan ruang kerja. Disamping itu akan mengurangi biaya inspeksi dan pengerjaan ulang pada saat terjadi masalah kualitas. Lot yang kecil sangat fleksibel dalam penjadwalan. Berbeda dengan model tradisional, seringkali dalam memproduksi jumlah yang membutuhkan penjadwalan

yang panjang karena masing-masing diproses dalam jumlah yang besar, sehingga terdapat waktu menunggu yang cukup lama, misalnya urutan proses A, B dan C jumlah lot yang besar di masing-masing proses akan membutuhkan waktu yang lama untuk menyelesaikan proses tersebut. Sebagai ilustrasi antara sistem JIT dan tradisional adalah sebagai berikut:

Sistem Tradisional

AAAAAAAAA BBBB BBBB CCCCCCCCC

Sistem JIT

AA BB CC AA BB CC AA BB CC

Dengan lot yang kecil setiap proses akan segera diselesaikan kemudian mengulangi proses yang baru lagi.

2.2.2 Autonomasi

Usaha untuk menghilangkan pemborosan adalah dengan menciptakan aliran produksi yang kontinyu. Aliran produksi yang kontinyu dapat dilakukan dengan sistem produksi JIT dan dibantu dengan sistem autonomasi. Autonomasi dapat diartikan sebagai pengendalian cacat secara otonom. Autonomasi sangat mendukung JIT dengan tidak memungkinkan unit cacat dari proses terdahulu untuk mengalir ke proses berikutnya. Dengan peralatan otomatis, proses produksi secara otomatis akan berhenti apabila ditemukan adanya bagian-bagian yang cacat dalam proses produksi tersebut. Dengan demikian, sejak awal bagian-bagian yang cacat telah dapat disingkirkan secara otomatis. Sistem pengendalian dalam JIT dikenal dengan istilah

Andon, yaitu berupa lampu listrik, yang akan memberi tanda jika ada kerusakan atau keterlambatan pada suatu stasiun kerja yang bisa mengakibatkan lini produksi berhenti.

2.2.3 Kanban

Kanban adalah suatu alat untuk mencapai produksi JIT. Kanban berasal dari bahasa Jepang yang berarti label atau tanda. Pada umumnya alat kanban yang digunakan adalah kartu, maka sering kali disebut kartu kanban. Dalam suatu proses produksi, kanban dipergunakan sebagai tanda kepada stasiun kerja pemasok untuk segera mengirim material kepada stasiun pengguna sesuai dengan kebutuhan yang tertera dalam kartu kanban. Tanpa adanya kartu kanban tidak akan ada material yang dipindahkan atau dikirimkan ke stasiun kerja berikutnya.

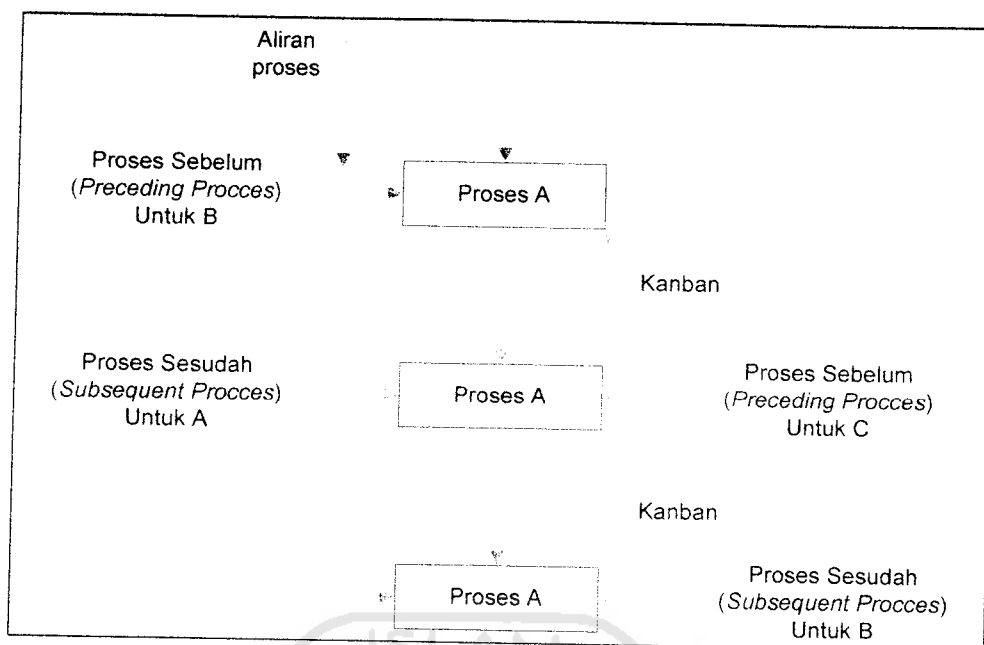
Dua jenis kanban yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kanban pengambilan /kanban tarik (*Withdrawal kanban*)

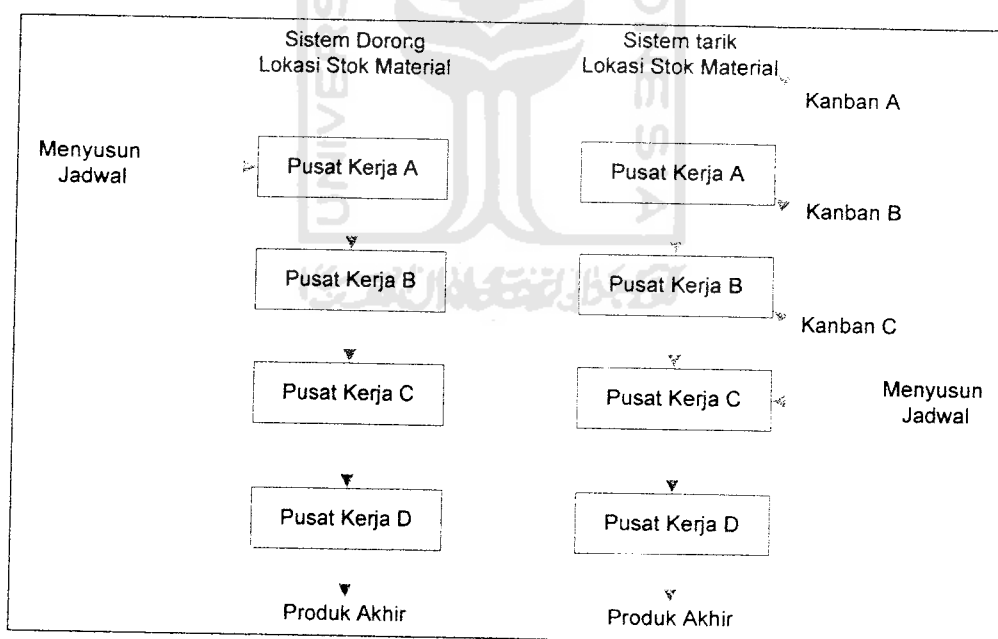
Kartu ini digunakan untuk menentukan jumlah yang digunakan oleh proses selanjutnya (subsequent process) yang harus diambil dari proses sebelumnya (preceding process).

2. Kanban produksi (*Production kanban*)

Kartu ini digunakan untuk menentukan jumlah yang harus diproduksi pada proses sebelumnya.



Gambar 2.3. Aliran Proses Sebelum (*Preceding Proses*) dan Proses Sesudah (*Subsequent Proses*) (Gasperz, 1997)



Gambar 2.4. Aliran Material dan Penyusunan Jadwal dalam sistem Dorong dan Tarik (Gasperz, 1997)

Sistem kanban adalah suatu sistem informasi yang secara serasi mengendalikan produksi produk yang diperlukan dalam jumlah yang diperlukan dalam setiap proses pabrik dan juga diantara perusahaan.

Mekanisme sistem kanban sangat sederhana, mengatur sendiri (self regulatory) dan merupakan sistem penjadwalan tanpa kertas (paperless system) di lantai pabrik. Sistem dorong merupakan suatu proses beraliran tunggal (single flow process), dimana aliran jadwal yang disusun dan aliran material dalam proses berada dalam arah yang sama. Sedangkan sistem tarik merupakan proses beraliran ganda (double flow process), dimana aliran material berada dalam arah yang berbeda dengan aliran jadwal yang disusun. Dalam hal ini, sistem kanban digunakan untuk mengkomunikasikan jadwal yang disusun dari pusat kerja satu ke pusat kerja yang lain.

Sistem kanban dapat dilakukan untuk melakukan fungsi sebagai berikut:

1. Perintah
2. Pengendalian diri sendiri untuk mencegah produksi yang berlebihan.
3. Pengendalian visual
4. Perbaikan proses dan operasi manual
5. Pengurangan biaya pengelolaan

Dalam penggunaan kanban di lantai produksi, terdapat sejumlah peraturan dasar yang harus diperhatikan dalam menggunakan kanban agar sesuai dengan prinsip-prinsip JIT, antara lain:

1. Pemindahan suatu kanban boleh dilakukan hanya apabila lot itu akan dipergunakan.

Peraturan ini mengharuskan proses berikut untuk menarik part yang akan dibutuhkan dari proses sebelumnya sesuai dengan kuantitas yang dibutuhkan dan tepat waktu yang dibutuhkan. Proses sesudah harus untuk meminta tambahan part hanya apabila proses sesudah telah menggunakan semua parts yang menyertai kanban itu.

2. Tidak boleh ada penarikan part tanpa disertai dengan kanban.

Peraturan ini mengharuskan bahwa kanban adalah satu-satunya alat yang sah untuk mengijinkan pemindahan atau penarikan parts dari proses sebelum ke sesudah. Proses sebelum tidak boleh mengirim part tanpa otorisasi dari permintaan kanban. Dalam hal ini pekerja harus dibuat mengerti bahwa sistem kanban tidak mengijinkan pemindahan atau penarikan material tanpa kartu kanban. Peraturan ini membutuhkan disiplin dari pekerja untuk menaati aturan main yang ditetapkan dalam sistem kanban itu.

3. Banyaknya part yang dikeluarkan atau dikirim ke proses selanjutnya harus sama dengan yang dispesifikasikan oleh kanban.

Peraturan ini mengharuskan bahwa proses sebelum tidak boleh mengeluarkan atau mengirim kanban dengan parts yang tidak sesuai dengan ukuran lot yang dispesifikasikan dalam kanban itu.

4. Suatu kanban harus selalu dilampirkan pada produk fisik.

Peraturan ini mengharuskan agar suatu kanban sebagai kartu perjalanan selalu dilampirkan pada lot yang selalu tampak oleh pekerja.

5. Proses sebelum harus memproduksi part dalam kuantitas yang sama dengan yang ditarik oleh proses sesudah.

Peraturan ini mengharuskan bahwa setiap proses tidak boleh memproduksi dalam kuantitas yang lebih daripada kebutuhan. karena hal ini merupakan pemborosan dalam penggunaan tenaga kerja, mesin, material, dan sumber daya lainnya.

6. Part yang cacat tidak boleh dikirim ke proses sesudah.

Peraturan ini menekankan pada kualitas dari parts atau material yang ditarik oleh kanban. Dalam sistem JIT, merupakan suatu kebutuhan mutlak untuk mempertahankan kualitas superior dalam memproduksi part dan *subassembly*. Mengingat tidak ada inventori pengaman (*buffer stock*) yang menggantikan part cacat, maka pekerja harus sadar dan berhati-hati akan kebutuhan kritis ini untuk memproduksi dan menggunakan part berkualitas pada setiap tahap dalam proses produksi.

7. Proses kanban dalam setiap pusat kerja dilakukan dengan susunan atau urutan tibanya kanban itu di pusat kerja.

Peraturan ini mengharuskan bahwa apabila pusat kerja menemukan beberapa kanban dalam kotak surat yang diterima dari proses yang berbeda, maka pekerja yang bertanggung jawab pada pusat kerja itu harus melayani kanban

dalam susunan yang berurut sesuai dengan kedatangan kanban itu, sehingga berlaku prinsip bahwa kanban yang tiba pertama akan dilayani duluan (*first come first served*).

Berdasarkan dengan ketujuh peraturan dasar diatas, disarankan agar peraturan-peraturan itu dibuat tertulis dan didistribusikan kepada semua pihak yang terlibat dalam sistem kanban.

2.2.4 Pemodelan Sistem

2.2.4.1 Pendekatan Sistem

Untuk mempelajari, mengamati, dan memahami suatu sistem tertentu dibutuhkan pengetahuan tentang pendekatan sistem yang membantu, pendekatan sistem memusatkan perhatian pada keseluruhan sistem dan interaksinya. Dengan demikian, sudah semestinya jika pendekatan sistem bersifat komprehensif, holistik, dan lintas disiplin. Dua tema pokok dari pendekatan sistem adalah :

1. Mengelola apa yang ada pada saat ini (*managing the present*) dan
2. Merancang apa yang diinginkan pada masa yang akan datang (*redesigning the future*).

Sedangkan tipologi dari pendekatan sistem sendiri ada dua, pendekatan sistematis yang dipelopori oleh orang barat dan pendekatan sistemik yang dijiwai oleh filosofi oleh orang timur. Pendekatan sistematis digolongkan menjadi tiga pendekatan yaitu Introspeksi, Ekstraspeksi, dan Konstruksi. Ketiga pendekatan sistem tersebut memiliki perbedaan pada faktor-faktor yang ada pada peneliti sistem seperti

Superioritas peneliti, independensi, lintas disiplin, maupun cara pembagian tugas dalam penelitian akan sistem tersebut.

Sedang pendekatan sistemik disebut juga sebagai pendekatan kontemplasi yang didasari filosofi bahwa sesuatu yang ada di dunia ini tidak dapat dipisah-pisahkan. Dan jika peneliti mencoba untuk memisah-misahkan berarti dia telah menghancurkan sistem tersebut . Untuk itu peneliti harus menyatu (identik) dengan sistem yang ditelitinya untuk mengetahui karakteristik sistem yang diamati untuk selanjutnya mengambil langkah-langkah pengembangan bagi sistem tersebut. Disini peneliti berusaha mengidentikkan dirinya dengan sistem yang diamati.

2.2.4.2 Model

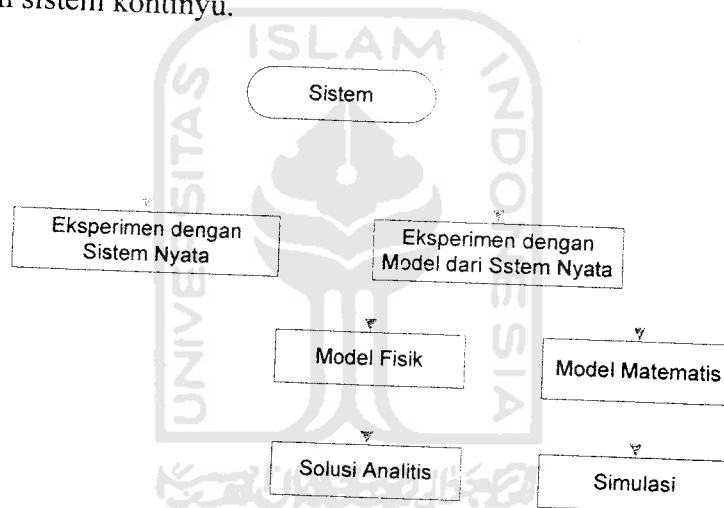
Model merupakan suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu dari suatu sistem nyata yang disepakati. Sehingga model dapat dikatakan sebagai sebuah kesatuan yang menggambarkan karakteristik suatu sistem. Model dibuat dengan cara simplifikasi dari sistem yang ada sehingga untuk mempelajari sebuah sistem, dapat dilakukan dengan pengamatan pada model sistem tersebut. Walaupun model merupakan bentuk sederhana dari sebuah sistem, tapi dalam pembentukannya harus tetap memperhatikan kompetensi dari karakteristik sistem yang diamati.

Beberapa model dari sebuah sistem yang sama, bisa saja berbeda, tergantung pada persepsi, kemampuan, dan sudut pandang analisis sistem yang bersangkutan. Ditegaskan kembali bahwa pada dasarnya model adalah suatu representasi yang memadai dari sebuah sistem.

2.2.4.3 Simulasi

Simulasi terutama digunakan untuk menggambarkan model-model yang tidak bisa didekati dengan metode lain (metode matematis misalnya), penggunaan simulasi mampu menggambarkan sistem secara menyeluruh dan karakteristiknya berdasarkan masukan tertentu dan memungkinkan melakukan percobaan tanpa resiko.

Dalam melakukan studi sistem bahwa sebenarnya simulasi merupakan turunan dari model matematik dimana sistem sendiri dikategorikan menjadi 2, yaitu sistem diskret dan sistem kontinyu.



Gambar 2.5 Diagram Studi Sistem

Sistem diskret mempunyai maksud bahwa jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah seketika itu juga pada poin waktu terpisah, misalnya pada sebuah bank dimana variabelnya adalah jumlah nasabah yang akan berubah hanya ketika nasabah datang atau setelah selesai dilayani dan pergi. Sedangkan Sistem

kontinyu mempunyai arti jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (kontinyu) mengikuti jalannya waktu, misalnya pesawat terbang yang bergerak diudara dimana variabelnya seperti posisi dan kecepatannya akan terus dan bergerak.

Pada dasarnya, peneliti dilapangan memiliki alasan-alasan melakukan simulasi sebagai suatu percobaan sistem nyata untuk membantu membuat keputusan (Bryan, 2005), diantaranya:

1. Proses aktual tidak atau belum tersedia
2. Proses yang diusulkan terlalu mahal untuk dibangun atau fasilitas belum tersedia untuk dicoba.
3. Proses yang diteliti terlalu kompleks untuk dianalisis dalam sebuah laporan penelitian.
4. Sistem aktual yang secara fisiknya tidak dapat diganggu atau dirubah
5. Sistem yang diteliti fleksible untuk dirubah

Namun pada pelaksanaannya, simulasi memiliki keuntungan dan kekurangan, keuntungan simulasi adalah sebagai berikut:

1. Simulasi relatif fleksible dan dapat secara langsung dirubah.
2. Simulasi dapat digunakan untuk menganalisa keadaan sistem nyata yang kompleks dan luas yang tidak dapat diselesaikan dengan model operasi konvensional.

3. Kesulitan-kesulitan pada sistem nyata dapat disertakan dalam simulasi dimana pada model P/OM tidak dapat diijinkan. Simulasi dapat menggunakan distribusi probabilitas yang didefinisikan pengguna.
4. Penyingkatan waktu yang memungkinkan dalam simulasi apabila menggunakan simulasi komputer.
5. Simulasi mengijinkan pertanyaan "what-if".
6. Simulasi tidak bertentangan dengan sistem nyata.
7. Dengan simulasi, kita dapat mempelajari pengaruh secara interaktif dari komponen atau variable yang diinginkan untuk dihitung bagian mana yang penting

Sedangkan kekurangan Simulasi adalah sebagai berikut:

1. Model simulasi yang baik dapat menjadi mahal, karena mungkin membutuhkan waktu yang lama untuk mengembangkannya.
2. Simulasi diciptakan bukan untuk solusi optimal dalam menyelesaikan suatu masalah, karena simulasi menggunakan pendekatan *trial-error* yang memungkinkan berbagai jenis solusi dalam menjalankannya.
3. Pemodel harus memasukkan semua kondisi dan batasan permasalahan untuk solusi yang akan dihitung.
4. Solusi dari simulasi tidak akan menjawab dengan baik jika tidak disertakan data masukan yang baik.
5. Tiap model yang disimulasikan memiliki perbedaan tersendiri. Solusi dan kesimpulannya biasanya tidak dapat disesuaikan dengan masalah lain

2.2.4.4 Bagian-bagian Model Simulasi

Beberapa bagian model simulasi yang berupa istilah-istilah asing perlu dipahami oleh pemodel karena bagian-bagian ini sangat penting dalam menyusun suatu model simulasi.

a. Entiti (*Entity*)

Kebanyakan simulasi melibatkan pemain yang disebut entiti yang bergerak, merubah status, mempengaruhi dan dipengaruhi oleh entiti yang lain serta mempengaruhi hasil pengukuran kinerja sistem.

b. Atribut (*Attribute*)

Atribut adalah karakteristik atau ciri-ciri tertentu yang dimiliki oleh setiap entiti yang membedakan antara satu dengan yang lain. Misalnya waktu antar kedatangan, prioritas.

c. Variabel (*Variable*)

Variabel merupakan potongan informasi yang mencerminkan karakteristik suatu sistem. Misalnya panjang antrian, *batch size*.

d. Sumber daya (*Resource*)

Entitas-entitas seringkali saling bersaing untuk mendapat pelayanan dari *resource* yang ditunjukkan oleh operator, peralatan, atau ruangan penyimpanan yang terbatas. Suatu *resource* dapat berupa group atau pelayanan individu

e. Antrian (*Queue*)

Ketika entiti tidak bergerak, hal ini dimungkinkan karena *resource* menahan (*seize*) suatu entiti sehingga mengikat entiti yang lain untuk menunggu.

f. Kejadian (*Event*)

Kejadian adalah sesuatu yang terjadi pada waktu tertentu yang kemungkinan menyebabkan perubahan terhadap atribut atau variabel. Ada tiga kejadian umum dalam simulasi, yaitu *Arrival* (kedatangan), *Departure* (entiti meninggalkan sistem), dan *The End* (simulasi berhenti)

g. *Simulation Clock*

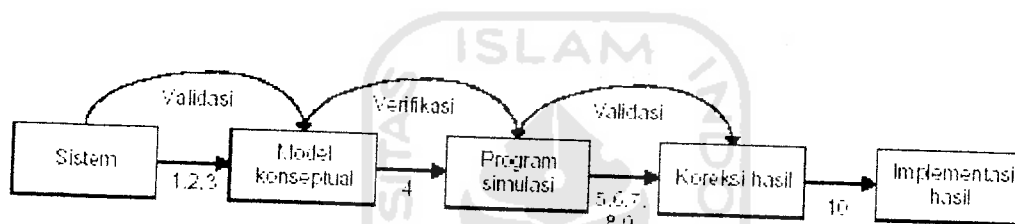
Simulation Clock adalah nilai sekarang dari waktu dalam simulasi yang dipengaruhi oleh variabel.

h. Replikasi

Replikasi mempunyai pengertian bahwa setiap menjalankan dan menghentikan simulasi dengan cara yang sama dan menggunakan set parameter input yang sama pula (*identical part*), tetapi menggunakan masukan bilangan random yang terpisah (*independent part*) untuk membangkitkan waktu antar kedatangan dan pelayanan (hasil-hasil simulasi). Sedangkan panjang waktu simulasi yang diinginkan untuk setiap replikasi disebut *length of replication*.

2.2.4.5 Validasi Data dan Verifikasi

Ketika mengerjakan suatu model dan kadangkala disaat kita membangun model tersebut maka disanalah waktu untuk melakukan verifikasi dan validasi terhadap model tersebut. Verifikasi adalah suatu langkah untuk meyakinkan bahwa model berkelakuan atau bersifat seperti yang dikehendaki. Validasi merupakan langkah untuk meyakinkan bahwa model berkelakuan seperti sistem nyatanya. Kedua langkah ini tidak dapat dilakukan dengan asumsi begitu saja namun harus dengan teknik teknik statistik. Secara sederhana hubungan antara verifikasi dan validasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.6. Hubungan Verifikasi dan Validasi

Dalam menguji validasi dari suatu data pengamatan yang sudah ada, langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut

a. Uji Distribusi Data Input

Data input dalam model simulasi adalah bagian terpenting yang harus mendapat perhatian tersendiri. Dalam simulasi sistem antrian misalnya, dikenal dengan input data dengan bentuk distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan.

Untuk menghasilkan simulasi sistem nyata yang baik, penentuan bentuk distribusi dari input data merupakan tugas utama dan sangat penting, karena akan berdampak pada hasil atau output yang akan diinterpretasikan dan dianalisa. Pengujian ini dilakukan untuk menguji data input, dimana data

masukan data tersebut mengikuti suatu distribusi tertentu. Alat statistik untuk menguji kesesuaian fungsi didistribusi probabilitas teoritis terhadap fungsi distribusi probabilitas empiris, dalam penelitian ini menggunakan dua jenis metode yaitu “Chi Square Goodness of Fit Test” dan metode “Kolmogorov-Smirnov Test”

Langkah yang dilakukan untuk uji Chi Square:

1. Data yang sudah tersedia dibuat range dengan rumus

$$\text{Range} = D_{\max} - D_{\min} \dots\dots\dots (2.1)$$

2. Menentukan banyak kelas. Dengan menggunakan aturan sturges, jumlah intervalnya adalah:

$$k = 1 + 3,3 (\log n) \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Penentuan panjang kelas interval

$$p = \frac{\text{range}}{\text{jumlahkelas}} \dots\dots\dots (2.3)$$

4. Pembuatan Histogram. Untuk menentukan dengan distribusi probabilitas apa sample akan disesuaikan, maka dibuatlah histogramnya dan secara visual dilihat kecocokannya dengan sebuah distribusi probabilitas tertentu.

5. Uji Chi Square, dengan menggunakan statistik uji sesuai dengan persamaan (2.4) maka dapat diyakinkan bahwa nilai statistiknya dapat mewakili bahwa nilai hitung sesuai dengan nilai tabel.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.4)$$

O_i = frekuensi observasi

E_i = Frekuensi teoritis

6. Uji Hipotesis

Ho : data waktu berdistribusi normal

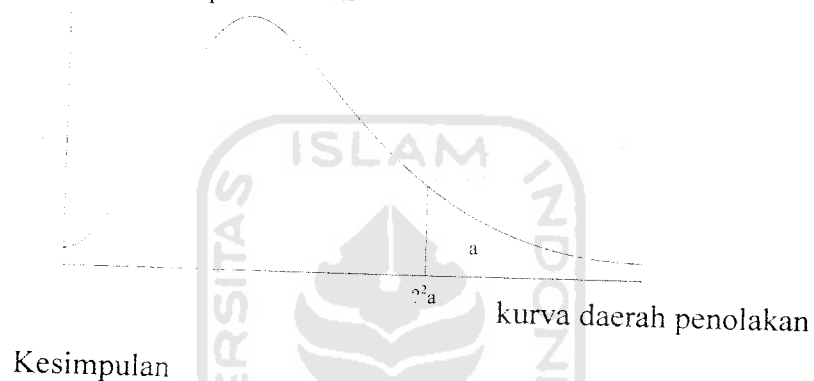
Hi : data waktu tidak berdistribusi normal

daerah kritis $\alpha = 0,05$

$$\text{statistik uji } \chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.5)$$

derajat bebas n-k-1

Kurva daerah penerimaan



Terdapat empat langkah umum untuk pengembangan model input data :

1. Mengumpulkan data dari sistem nyata
2. Mengidentifikasi distribusi probabilitas sebagai representasi dari input proses.
3. Memilih parameter dari data
4. Mengevaluasi distribusi probabilitas terpilih dengan menggunakan grafik(uji statistik) atau dengan alat untuk mempermudah seperti Input Analyzer (ARENA), StatFit (Promodel) dan lain sebagainya..

Beberapa distribusi probabilitas yang telah ada, diantaranya adalah :

1. Binomial
2. Poisson
3. Normal
4. Lognormal
5. Eksponensial
6. Gamma
7. Beta
8. Erlang
9. Diskrit atau kontinyu uniform
10. Triangular

Pada Software Promodel 6.0 telah disediakan alat bantu untuk menguji distribusi data masukan. Dalam penelitian ini, data masukan akan diuji di alat ini untuk mempermudah dalam masukan data simulasi dengan menggunakan StatFit.

b. Uji Validasi Output

Dalam pengujian ini, akan diuji data output simulasi dan data pengamatan yang sudah ada, yaitu menguji antara output produk yang diproduksi dalam satu minggu (nyata) yang akan diuji berpasangan dengan output simulasi model awal. Dalam hal ini kita akan membandingkan dua populasi yang independen dengan cara membandingkan parameter-parameter dari populasi tersebut. Pengujian statistik yang akan dilakukan adalah uji Chi Square dengan langkah yang sama (penggunaan rumus 2.1 – 2.5), Uji Rataan, dan Uji Variansi.

Dengan asumsi populasi normal tersebut memiliki rata-rata μ_1 dan μ_2 sedangkan simpangan bakunya adalah σ_1 dan σ_2 . Untuk populasi dengan $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$, dimana σ tidak diketahui, akan dilakukan uji rata-rata untuk membandingkan rata-rata suatu populasi dengan nilai tertentu ataupun populasi lain, menggunakan statistik uji sebagai berikut:

$$T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\text{dengan } v = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]}{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right] + \left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]} \dots\dots\dots (2.7)$$

nilai t diperoleh dari tabel $t_{\alpha/2}$

Apabila $-t_{\alpha/2} < T < t_{\alpha/2}$, maka H_0 diterima yang berarti kedua populasi memiliki rata-rata yang sama.

Untuk populasi dengan $\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma$, dan σ tidak diketahui maka menggunakan statistik uji sebagai berikut:

$$T = \frac{(\bar{X} - \bar{X}_2) - d_0}{\sqrt{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2}} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$v = \frac{\left[S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2 \right]}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}} \dots\dots\dots (2.9)$$

nilai t diperoleh dari tabel $t_{\alpha/2}$

Apabila $-t_{\alpha/2} < T < t_{\alpha/2}$, maka H_0 diterima yang berarti kedua populasi memiliki rata-rata yang sama.

Selain uji rata-rata, uji yang digunakan adalah uji variansi untuk menguji apakah variansi suatu populasi sama dengan variansi populasi lain. Oleh karena itu Hipotesisnya dipakai adalah:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ atau } \sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 1$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Mula-mula dihitung variansi sample s_1^2 dan s_2^2 dari sample yang berukuran n_1 dan n_2 . Rumusan yang digunakan adalah:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \dots\dots\dots(2.10)$$

Selanjutnya dicari nilai F dengan menggunakan rumus

$$F = \frac{S_1^2 / \sigma_1^2}{S_2^2 / \sigma_2^2} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \cdot \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Karena $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$ maka rumus diatas menjadi

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \text{ dengan } S_1^2 > S_2^2 \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan $v_1 = n_1 - 1$ dan $v_2 = n_2 - 1$ dapat ditentukan batas kritisnya, yaitu $f_{1-\alpha/2}(v_1, v_1)$ dan $f_{\alpha/2}(v_1, v_1)$

H_0 diterima apabila $f_{1-\alpha/2}(v_1, v_1) < F < f_{\alpha/2}(v_1, v_1)$ yang berarti kedua populasi memiliki variansi yang sama.

2.2.4.6 Analisa Hasil Output Simulasi

Model simulasi kejadian diskret memiliki karakteristik yang berbeda dari sebagian besar jenis model yang ada. Hal itu dikarenakan model simulasi kejadian diskret terdiri dari banyak variabel random yang muncul bersamaan dalam suatu *state* yang membentuk karakteristik suatu mekanisme perubahan sistem yang diamati. Variabel random yang ada pada simulasi sistem kejadian diskret tidak hanya pada probabilitas input yang ada, bahkan hasil *output* simulasi pun merupakan variabel random, karena memiliki probabilitas dan tidak dapat diestimasi sebagai sesuatu yang pasti (definitif).

Sebuah pilihan pendekatan, untuk menentukan metode analisis yang tepat dari suatu model simulasi adalah dengan menilai tipe simulasi yang ada. Berkenaan dengan metode analisis, maka simulasi dibedakan menjadi dua jenis yaitu *terminating simulation* dan *non-terminating simulation*. Perbedaan antara kedua jenis tipe tersebut adalah ketergantungannya pada kejelasan untuk menghentikan proses simulasi. Kedua jenis simulasi tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Terminating Simulation

Simulasi *terminating* adalah simulasi yang mempresentasikan sebuah mekanisme kejadian yang memiliki "*initial condition*", dimana simulasi ini dijalankan pada durasi waktu yang tetap(ditentukan). Kondisi inisial dapat difahami sebagai sebuah kondisi dimana keadaan sistem akan di setup seperti keadaan semula setiap akan melakukan simulasi. Sebagai contoh adalah sebuah sistem yang disimulasikan dimulai pada kondisi awal yang telah ditentukan, dan dihentikan setelah durasi waktu tertentu. Satu simulasi yang dapat dijadikan contoh adalah simulasi pada suatu bank dengan kondisi awal yang selalu 0 pelanggan dan memiliki durasi waktu kerja yang sama tiap harinya.

b. Non terminating Simulation

Pada simulasi jenis *terminating simulation* berbeda dengan sistem produksi sebuah perusahaan manufaktur. Misalnya diketahui sebuah perusahaan manufaktur yang memiliki kegiatan produksi untuk membuat suatu produk yang dibagi-bagi kedalam beberapa stasiun kerja yang berurutan samapi selesainya produk tersebut. Meskipun perusahaan tersebut menetapkan bahwa setiap hari memiliki waktu kerja 10 jam dan 5 hari kerja dalam seminggu, akan tetapi sistem diatas termasuk dalam sistem *non-terminating simulation*

Pada kondisi *nonterminating* penghentian simulasi tidak didasarkan pada jam kerja sebagai mana pada sistem antrian, akan tetapi karena sistem pada dasarnya berjalan sepanjang waktu hanya dipotong oleh waktu istirahat tanpa ada inisialisasi baru.

2.2.5 Perangkat Lunak Promodel 6.0

2.2.5.1 Bahasa Pemrograman Simulasi

PROMODEL adalah salah satu program simulasi yang dapat dibilang merupakan suatu evolusi dari bahasa pemrograman yang lebih dahulu lahir. Dimulai dari hadirnya bahasa pemrograman FORTRAN pada tahun 1950 - 1960, publik menggunakan bahasa pemrograman tersebut untuk membuat program simulasi untuk sistem yang kompleks dan bahasa pemrograman FORTRAN sangat mendukung pembuatan program simulasi secara umum.

Selain *booming* simulasi, maka bermunculan bahasa pemrograman yang menawarkan keunggulan-keunggulan yang dimilikinya. GPSS-PC, SIMSCRIPT, SLAM, SIMAN, ARENA, POWERSIM dan lain sebagainya adalah sebagian dari bahasa pemrograman yang ada saat ini.

Secara umum bahasa pemrograman untuk simulasi dapat di kategorikan menjadi 2 :

1. Tujuan atau kepentingan pemrograman
 - a. *General Purpose Simulation Language* (GPSL)

General Purpose Simulation Language (GPSL) adalah bahasa simulasi yang didesain untuk membuat program simulasi sesuai dengan kreatifitas programmer. Artinya bahasa simulasi ini tidak didesain untuk menyelesaikan beberapa masalah secara spesifik dan keragaman serta ketelitian program sangat dipengaruhi oleh ketrampilan dan pengetahuan programmer. Oleh karena itu GPSL sangat fleksibel digunakan untuk membuat program simulasi.

b. *Special Purpose Simulation Language* (SPLL)

Sebaliknya *Special Purpose Simulation Language* lebih spesifik didesain untuk beberapa permasalahan yang dihadapi sebuah sistem.

2. Tingkat bahasa

a. *High Level Simulation Language*

b. *Low Level Simulation Language*

Adanya level menunjukan sejauh mana bahasa pemrograman tadi dapat dimengerti oleh programmer. Hal ini berkaitan dengan kemampuan program untuk mengkomunikasikan dirinya dengan pengguna (*user interface*). Semakin rendah level suatu bahasa pemrograman, maka semakin kompleks alur pemahaman bahasa simulasi tadi (semakin sulit digunakan). Dan sebaliknya semakin tinggi sebuah bahasa pemrograman, maka semakin kurang kompleks alur pemahaman bahasa tersebut (semakin mudah digunakan).

Selain itu dalam bahasa simulasi dikenal juga istilah *event orientation* dan *process orientation*. *Event orientation* melihat sebuah simulasi dari sisi kejadian yang

menimpa sistem sedangkan process orientation melihat simulasi dari sisi perjalanan entiti yang terkait. Sebagai ilustrasi : Dalam sebuah sistem antrian. event orientation melihat kedatangan entiti , proses dan kepergian entiti sebagai hal utama yang diamati kemudian mencatatnya secara statistik sedangkan process orientation melihat entiti datang dan masuk kedalam sistem kemudian ia menunggu dalam antrian lalu diproses dan keluar. Atau secara gampang dapat dikatakan Event Orientation adalah seorang profesor dalam sebuah simulasi sedangkan Process Orientation adalah seorang seniman.

2.2.5.2 Keunggulan PROMODEL 6.0

Dengan menggunakan PROMODEL, keuntungan yang didapatkan antara lain :

1. Memberikan kombinasi yang baik dalam pemakaian dan kemampuan untuk memodelkan suatu sistem nyata agar tampak lebih realistik.
2. Beragamnya modul dan blok yang ada pada PROMODEL dan tersedianya fitur animasi membawa fleksibilitas yang sangat besar dalam membangun model yang sesuai dengan sistem sesungguhnya yang biasanya ada pada GPSL.
3. Adanya koreksi error otomatis yang akan membantu dalam pembuatan suatu model simulasi sistem.

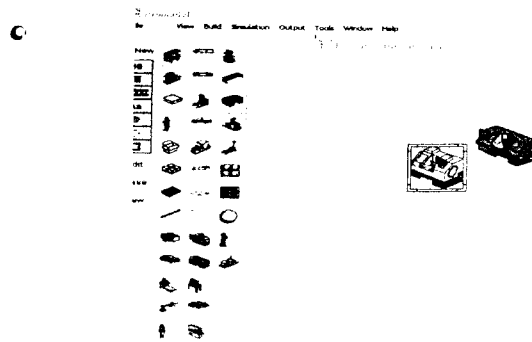
Selain itu, PROMODEL sangat cocok dalam memodelkan dan mensimulasikan sistem manufaktur seperti : *Process Reengineering, Cycle Time Reduction, Material Handling System, TQM, Factory Layout*, dan sebagainya.

2.2.5.3 PROMODEL dalam Pemodelan Sistem

Sebagaimana telah dikemukakan sebelumnya, bahwa software PROMODEL memiliki kemampuan yang baik dalam menjalankan simulasi khususnya pada sistem yang bersifat diskret. Untuk dapat memfungsikannya, terlebih dahulu kita harus memodelkan sistem tersebut, dengan format yang dapat dipahami oleh PROMODEL. PROMODEL menerjemahkan berbagai model sistem dengan menggambarkan karakteristik elemen sistem dengan sebuah blok yang dinamakan Module/Element. Untuk itu kita harus dapat menggunakan berbagai Module yang ada dalam software ini secara tepat agar mendapatkan model yang kita inginkan. Ada beberapa module panel yang disediakan, yaitu Basic Modules dan Optional Modules. Untuk basic Modules termasuk didalamnya adalah Locations, Entities, Processing, dan Arrivals. Sedangkan Optional Modules antara lain Resources, Table Functions, Variables, Shifts, Costs, Attributes, Macros, dan Path Networks.

1. Penggunaan Modul Basic

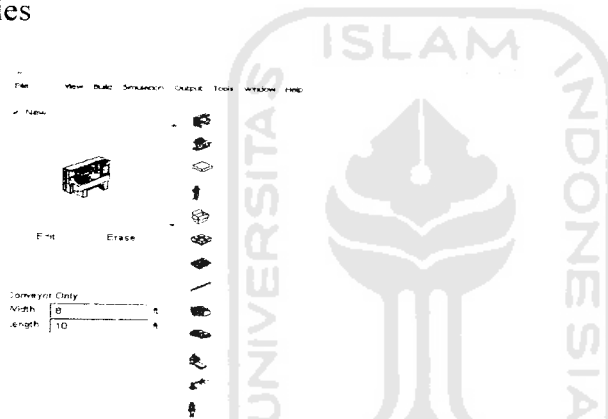
a. Locations



Gambar 2.8 Tampilan Locations

Merupakan tempat dari model suatu sistem, yang berisi gambar latar belakang dari sistem yang berupa gambar-gambar sesuai kebutuhan. Lokasi adalah komponen statis sehingga tidak ikut bergerak selama simulasi dijalankan.

b. Entities



Gambar 2.9 Tampilan Entities

Adalah benda-benda yang diproses dalam model sistem, seperti bahan baku dan *paperworks*. Masing-masing entitas punya nama dan dapat direpresentasikan dengan satu atau lebih grafik selama simulasi.

c. Arrivals

Entity	Location	Qty	Batch	Time	Occurrences	Frequency	Logfile
Gear	Pallet	1	1		1		

Entry

- Turning_Center
 - ALL
 - Gear
 - Box_Pallet

Gambar 2.10 Tampilan Arrivals

Menunjukkan tempat dimana entitas tiba ada suatu sistem yang diamati untuk pertama kalinya. Misalnya kedatangan nasabah, dalam hal ini adalah lokasi kedatangannya di kasir, atau setiap berapa menit nasabah datang dalam periode waktu tertentu.

d. Processing

Entity	Location	Operation	Rtn	Output	Destination	Rule	Move Log
Gear	Pallet	MOVE FOR 4000	1	Gear	Receiving_Center	FIRST 1	

New Process

Add Routing

Find Process

Entry

- Gear
 - ALL
 - Box_Pallet

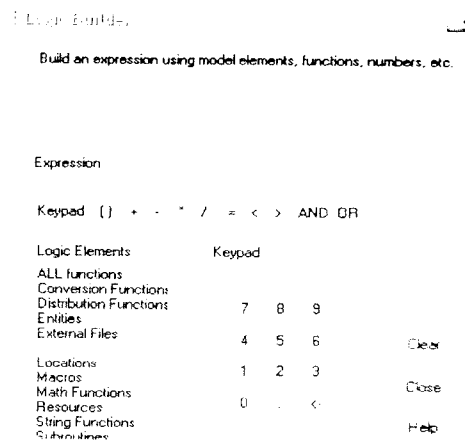
Gambar 2.11 Tampilan Processing

Menunjukkan proses yang dialami suatu entitas.

3. Fitur inovatif pada PROMODEL

a. Logic Builder

Logic builder adalah alat untuk memudahkan kita dalam membuat pernyataan logic yang valid tanpa mengingat kata kunci, syntax, atau nama element model.



Gambar 2.12 Tampilan Logic Builder

b. Dynamic Plots

Dynamic Plots memungkinkan kita membuat penelitian secara grafis dan merekam informasi statistik tentang performansi dari element model selama sistem berjalan.

2.2.5.4 Stat Fit

Data input dalam model simulasi adalah bagian terpenting yang harus mendapat perhatian tersendiri. Dalam simulasi sistem antrian misalnya, dikenal dengan input data dengan bentuk distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan. Pada sistem inventori atau persediaan, input data yang dibutuhkan terdiri dari distribusi-distribusi permintaan. Pada kasus perawatan dan reliabilitas sistem dikenal beberapa input data yang dibutuhkan, seperti : distribusi waktu antar kerusakan komponen.

Pada aplikasi simulasi di sistem nyata, penentuan bentuk distribusi dari input data merupakan tugas utama dan sangat penting. Karena akan berdampak pada hasil atau output yang akan diinterpretasikan dan dianalisa.

Terdapat empat langkah umum untuk pengembangan model input data :

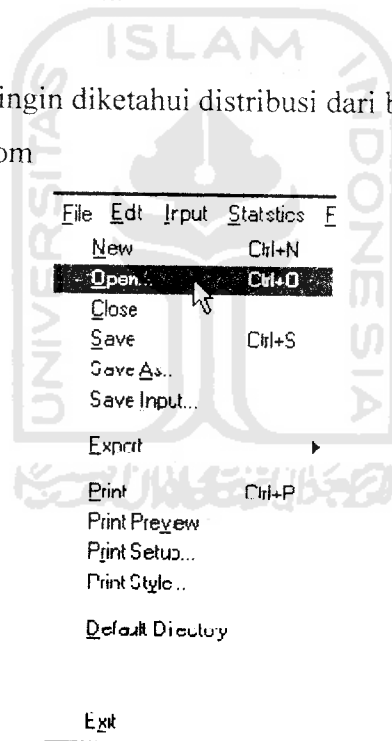
1. Mengumpulkan data dari sistem riil yang diamati
2. Mengidentifikasi distribusi probabilitas sebagai representasi dari input proses.
3. Memilih parameter dari data
4. Mengevaluasi distribusi probabilitas terpilih dengan menggunakan grafik atau uji statistik.

Dalam Promodel disediakan suatu fasilitas untuk menguji distribusi bilangan random dan pembangkitan bilangan random sesuai dengan distribusi yang diinginkan pemodel, fasilitas ini disebut Stat Fit.

Cara penggunaan Stat Fit :

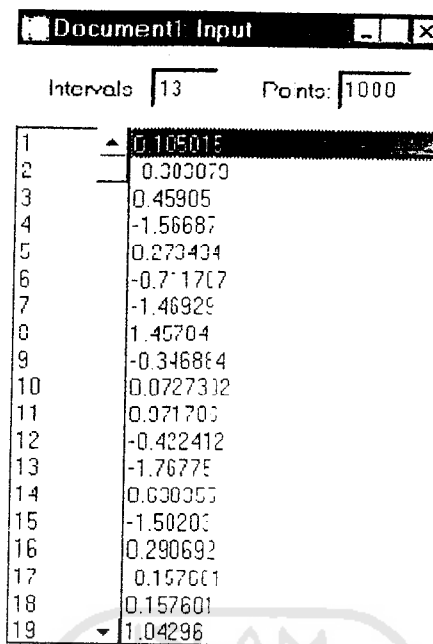
Jika data telah tersedia dan ingin diketahui distribusi dari bilangan random tersebut :

- a. Buka file bilangan random



Gambar 2.13 Tampilan membuka bilangan random

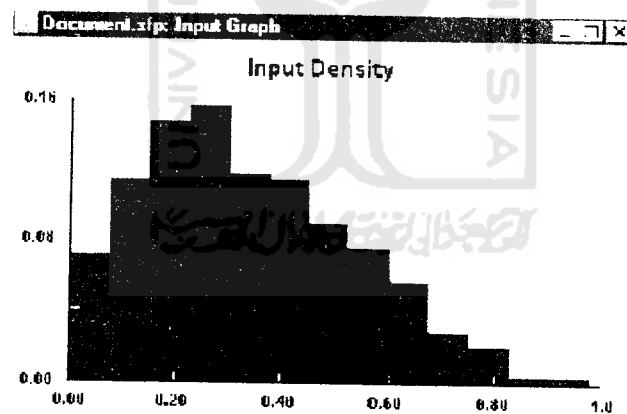
- b. Masukkan input data bilangan random



Interval	Random Number
1	0.105015
2	0.303079
3	0.45905
4	-1.56687
5	0.273434
6	-0.711767
7	-1.46929
8	1.45704
9	-0.346864
10	0.0727312
11	0.971703
12	-0.422412
13	-1.76775
14	0.630355
15	-1.50203
16	0.290692
17	0.157661
18	0.157601
19	1.04296

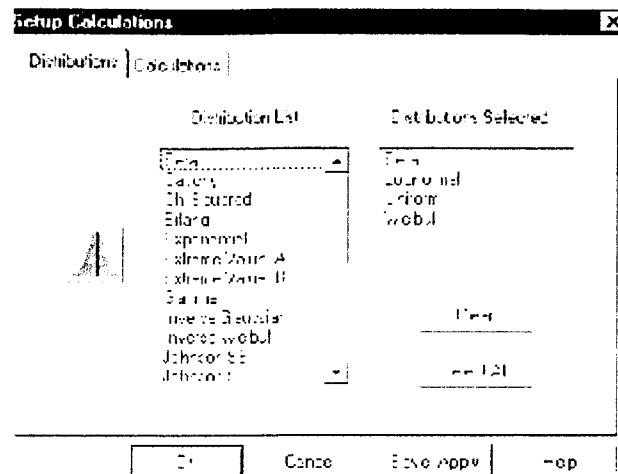
Gambar 2.14 Tampilan bilangan random

- c. Lihat Grafik input data dengan meng-klik "input Graph"



Gambar 2.15 Tampilan grafik bilangan random

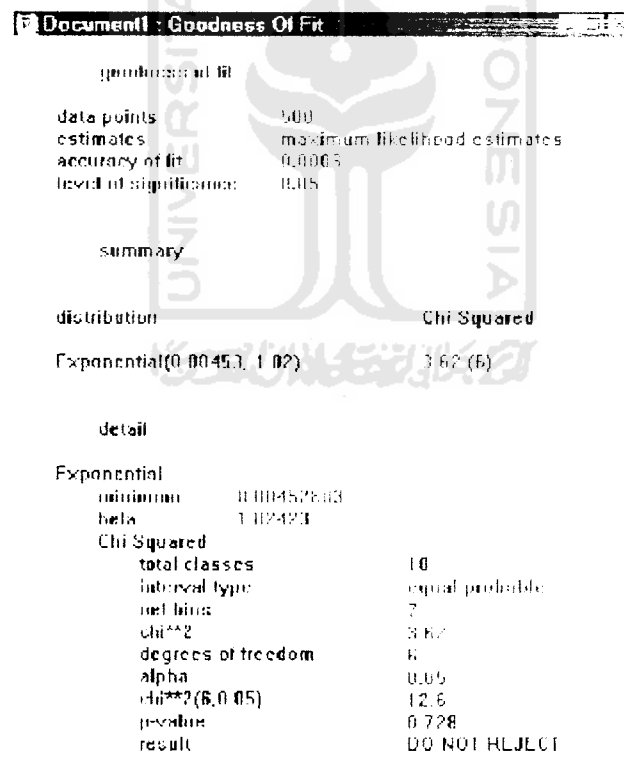
- d. Klik tombol  untuk memilih distribusi analisa yang pemodel inginkan dengan memasukkan distribusi analisa dari kolom "distribution list" ke kolom "distribution selected"



Gambar 2.16 Tampilan distribusi sesuai

- c. Hasil dari penghitungan “*Goodness of fit tests*” dapat dilihat dengan meng-klik

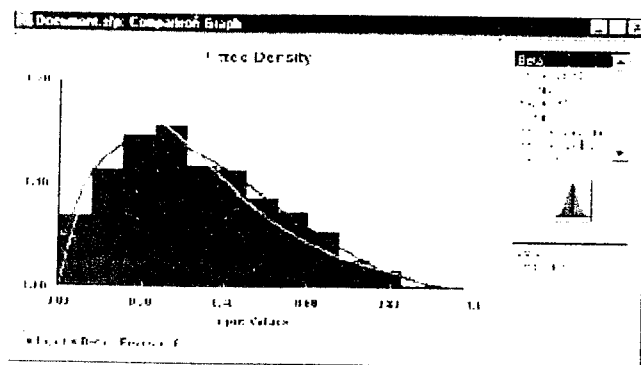
tombol  FIT



Gambar 2.17 Tampilan hasil distribusi

- f. Untuk melihat grafik dari distribusi yang pemodel inginkan maka dapat meng-

klik tombol “*Graph Fit*” 



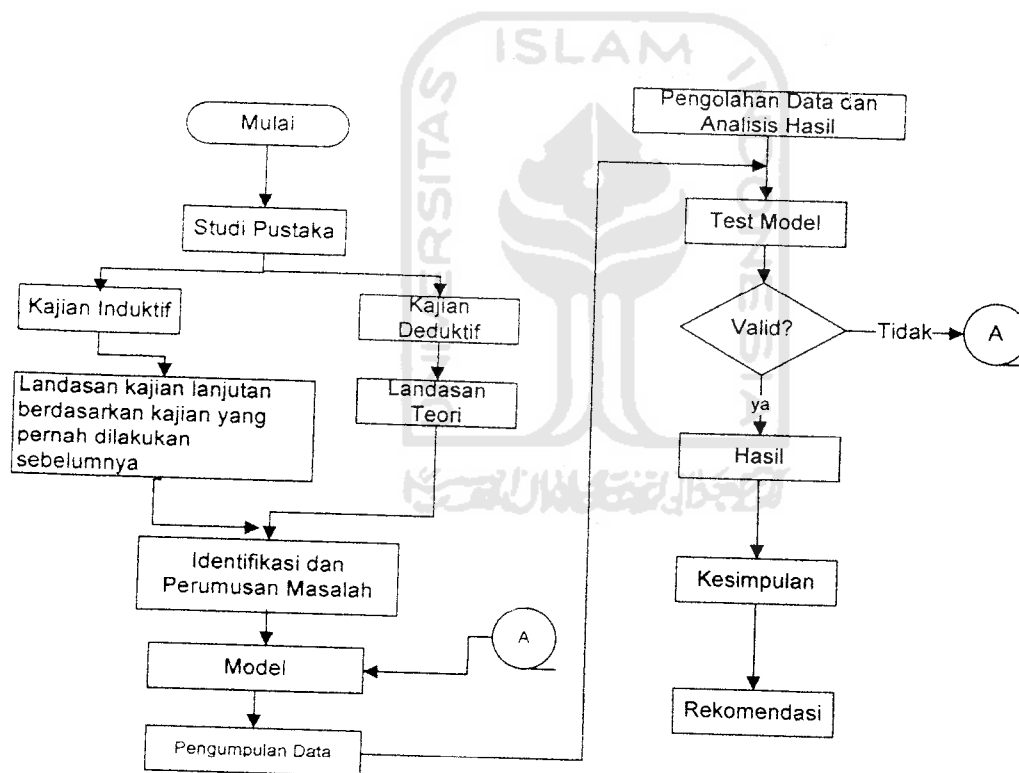
Gambar 2.18 Tampilan grafik distribusi data



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian perlu disusun secara baik untuk mempermudah penyusunan laporan penelitian. Adapun langkah-langkah penelitian dapat dipresentasikan seperti gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian

3.1 Studi Pustaka

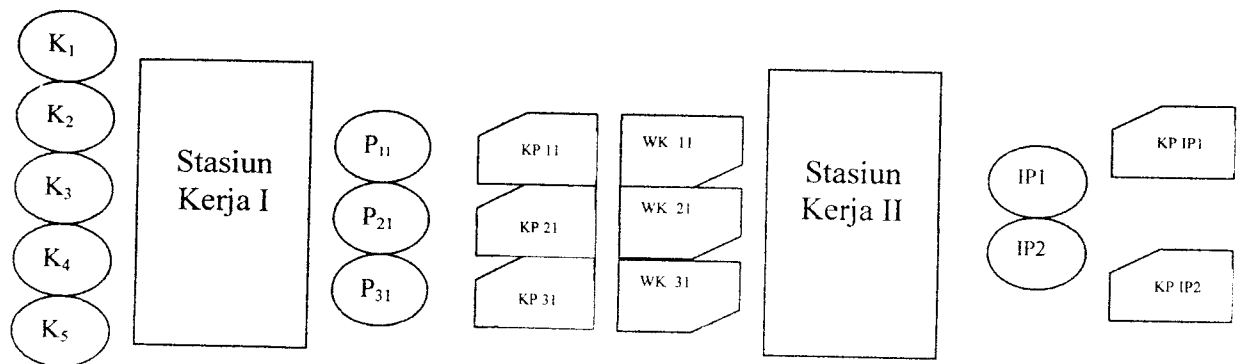
Ada dua macam studi pustaka yang dilakukan yaitu studi pustaka induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian pustaka yang bermakna untuk menjaga keaslian penelitian dan bermanfaat bagi peneliti untuk menjadi kekinian topik penelitian. Kajian ini diperoleh dari jurnal, proseding, seminar, majalah dan lain sebagainya. Pada kajian induktif, dapat diketahui perkembangan penelitian, batas-batas dan kekurangan penelitian terdahulu. Disamping itu dapat diketahui perkembangan metode-metode mutakhir yang pernah dilakukan peneliti lain. Kajian deduktif membangun konseptual yang mana fenomena-fenomena atau parameter-parameter yang relevan disistematika, diklasifikasikan dan dihubungkan-hubungkan sehingga bersifat umum. Kajian deduktif merupakan landasan teori yang dipakai sebagai acuan untuk memecahkan masalah penelitian.

3.2 Penentuan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Sistem Manufaktur Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Sebelum melakukan penelitian di laboratorium penulis terlebih dahulu melakukan penelitian awal tentang Sistem Kanban di PT TMMIN.

3.3 Analisa Model

Model yang akan dikembangkan terfokus kepada peranan penggunaan kanban (Chairul, 2005) seperti pada gambar 3.3 dibawah ini.



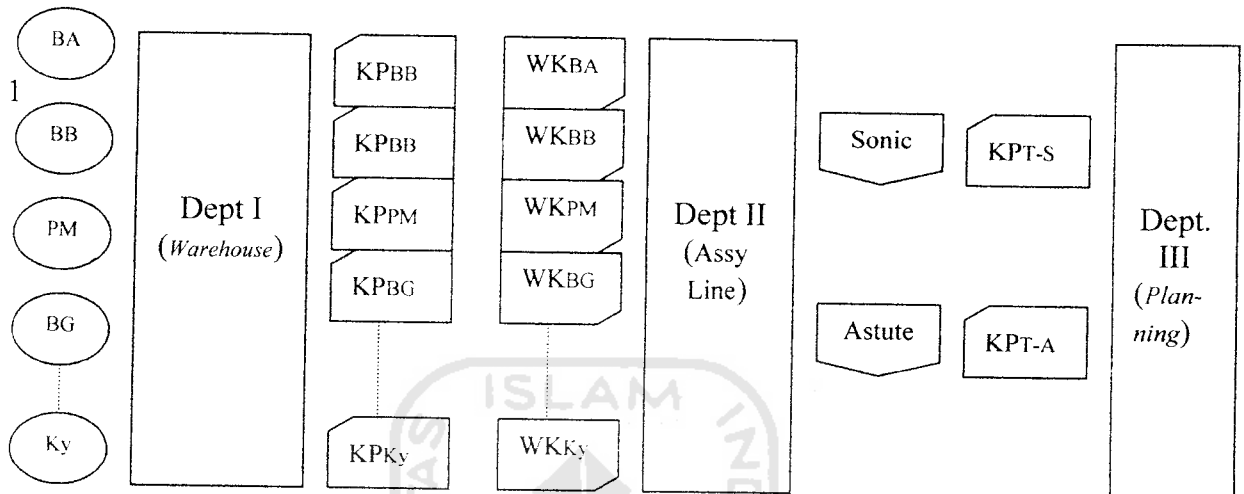
Gambar 3.2 Sistem Pengendalian Manufaktur Kanban

Komponen K_1 , K_2 , K_3 , K_4 dan K_5 di proses pada stasiun kerja I menjadi P_{11} , P_{21} , dan P_{31} . P_{11} di buat dari perakitan komponen $K_1 + K_2$. P_{21} di buat dari perakitan komponen $K_2 + K_3$, sedangkan P_{31} di buat dari perakitan $K_4 + K_5$. Proses ini di lakukan karena ada permintaan dari stasiun kerja II sesuai dengan informasi yang terdapat pada Kanban KP_{11} , KP_{21} , dan KP_{31} . Part IP_1 dan IP_2 diproses pada stasiun kerja II, atas permintaan Stasiun Kerja III melalui Kanban Produksi (KP_{IP_1} dan IP_2). Produk P_{11} , P_{21} , dan P_{31} di kirim menuju stasiun kerja II dengan menggunakan Kanban tarik WK_{11} , WK_{21} , $WK_{P_{31}}$. Proses ini akan berjalan sesuai dengan jumlah stasiun kerja yang dimiliki. Asumsi yang digunakan dalam pembangunan model sebagai berikut :

- Demand (pesanan pelanggan) dari luar perusahaan
- Pasokan komponen pada departemen I tidak terbatas.
- Ukuran/volume kontainer sama untuk semua part
- Kanban akan dikeluarkan jika isi kontainer kosong

3.3.1 Aplikasi Model pada Penelitian

Pengembangan model awal yang akan diaplikasikan dalam penelitian, sebagai berikut :



Gambar 3.3 Pengembangan Model dalam Penelitian

Pada penelitian model diaplikasikan menjadi tiga departemen, yaitu, Departemen Perencanaan (*Planning*), Departemen Perakitan (*Assy*), dan Departemen Gudang (*Warehouse*). Dengan fungsi masing-masing departemen sebagai berikut :

1. Departemen *Planning*

Menerima *demand* yang datang dan merencanakan kebutuhan kanban. Hasil dari perencanaan tersebut berupa *Production Kanban End Product* yang akan dikirim ke departemen *Assy*.

2. Departemen *Assy*

Berdasarkan *Production Kanban End Product* dari departemen *planning*, departemen *assy* merencanakan jumlah kebutuhan *part* dan meminta *part-part* tersebut ke *warehouse* dengan menggunakan *production kanban part*.

Pada departemen ini terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu, Kanban Room, PC. Store, dan *Assy Line*.

3. Departemen *Warehouse*

Departemen *warehouse* menyiapkan semua *part* yang diminta oleh departemen *assy*. *Part-part* yang telah disiapkan oleh departemen *warehouse* kemudian dikirim ke departemen *assy* di bagian PC Store menggunakan *withdrawal kanban part*. Kemudian *part-part* tersebut didistribusikan ke setiap stasiun kerja

Asumsi yang digunakan dalam aplikasi model sebagai berikut :

- Demand (pesanan pelanggan) dari luar perusahaan
- Pasokan komponen pada departemen *warehouse* tidak terbatas
- Ukuran/volume kontainer sama untuk semua *part*
- Kanban akan dikeluarkan jika isi kontainer kosong

3.3.2 Alat Analisa

Model matematis yang digunakan sebagai alat analisa adalah sebagai berikut :

Minimum TC =

$$TC = [(BWT)(RWS)(TJOP) + (BK)(JK)(makespan)] \dots\dots\dots \text{Pers 1}$$

$$JK = KP_{BA} + KP_{BB} \dots + KP_{BY} + WK_{BA} + WK_{BB} \dots + WK_{BY} + KP_A + KP_S \dots\dots \text{Pers 2}$$

$$RWS = (X_A \times WSP_A) + (X_S \times WSP_S) \dots\dots\dots \text{Pers 3}$$

Pembatas model awal:

$$1. 1 \leq KP_{11} \leq 8$$

$$2. 1 \leq KP_{21} \leq 8$$

$$3. 1 \leq KP_{31} \leq 8$$

$$4. 1 \leq KP_{IP1} \leq 8$$

$$5. 1 \leq KP_{IP2} \leq 8$$

$$6. 1 \leq KW_{11} \leq 8$$

$$7. 1 \leq KW_{21} \leq 8$$

$$8. 1 \leq KW_{31} \leq 8$$

$$9. (X_A \times WSP_A) + (X_S \times WSP_S) \leq Maks_RWSP$$

KP11, KP21, KP31, KP_{IP1}, KP_{IP2}, WK11, WK21, WK31 adalah integer

Pembatas pengembangan model :

$$1. 1 \leq KP_{Astute} \leq Demand\ Astute$$

$$2. 1 \leq KP_{Sonic} \leq Demand\ Sonic$$

$$3. 1 \leq KP_{part} \leq Demand\ Part$$

$$4. 1 \leq WK_{part} \leq Demand\ Part$$

$$5. (X_A \times WSP_A) + (X_S \times WSP_S) \leq Maks_RWSP$$

$$6. KP_A, KP_S, \dots, KP_{Ky}, WK_{BAS}, \dots, WK_{TB}, WK_{Ky} \text{ adalah integer}$$

Batasan yang pertama sampai keempat adalah batas atas dan batas bawah jumlah kanban yang mungkin untuk digunakan di dalam sistem tersebut dengan mempertimbangkan permintaan dan kapasitas dari box atau unit per kanban dan kapasitas kontainer atau kumpulan dari box. Batasan kelima menunjukkan batasan maksimum dari rata-rata waktu siklus, dimana batasan maksimumnya itu dipengaruhi

oleh jam kerja perhari dan waktu proses di tiap stasiun kerja. Kemudian batasan yang keenam adalah batasan yang menunjukkan bahwa jumlah baik kanban produksi ataupun kanban withdrawal adalah sebuah bilangan integer.

TC adalah fungsi total biaya dari jumlah kanban saja. $WSIP_1$ dan $WSIP_2$ adalah juga fungsi dari jumlah kanban. Makespan juga dapat ditentukan sebagai fungsi jumlah kanban dalam sistem. Nilai makespan untuk kombinasi yang berbeda adalah sama hanya mempunyai perbedaan kecil standar deviasinya. Jadi makespan dihitung sebagai nilai rata-rata berdasarkan eksperimen dan dipertimbangkan konstan setiap replikasi. Semua definisi, nilai input dan parameter dan kendali kanban sama dengan yang pernah dipakai oleh Aytug, *et.al.*, (1996) dan Debgiz dan Alabas (2000).

Dimana :

TC	= Biaya total manufacturing yang ditimbulkan dari kombinasi Kanban
BWT	= Biaya waktu tunggu per minute per order
TJOP	= Total jumlah order yang diproses
BK	= Biaya Kanban per menit
Maks-RWSP	= Maksimum rata-rata waktu siklus pesanan
Makespan	= Waktu penyelesaian dari seluruh pesanan
WSP_A	= Waktu siklus pesanan produk Astute
WSP_S	= Waktu siklus pesanan produk Sonic
RWS	= Rata-rata waktu siklus untuk kedua produk akhir

3.3.3 Analisa Dimensi Model

Untuk membuktikan bahwa model matematis diatas adalah benar, maka digunakan analisa dimensi model berikut :

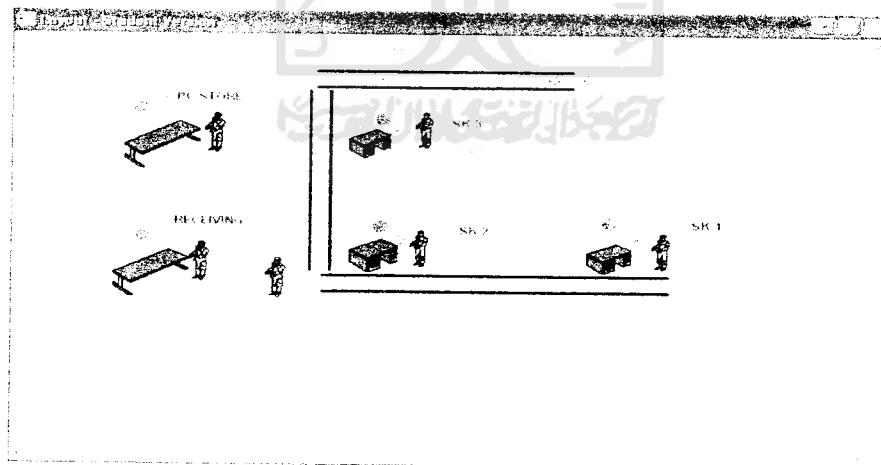
$$TC = [(BWT)(RWS)(TJOP) + (BK)(JK)(makespan)]$$

$$Rp = \left[\left(\frac{Rp}{\text{menit}_{\text{unit}}} \times \text{menit} \times \text{unit} \right) + \left(\frac{Rp}{\text{menit}} \times \sum \text{kanban} \times \text{menit} \right) \right]$$

Setelah dilakukan analisa dimensi model, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan model matematis diatas untuk menentukan jumlah kombinasi kanban adalah benar.

3.4 Model Simulasi Promodel

Dalam penelitian ini, akan membangun model dengan parameter input data yang tersedia.



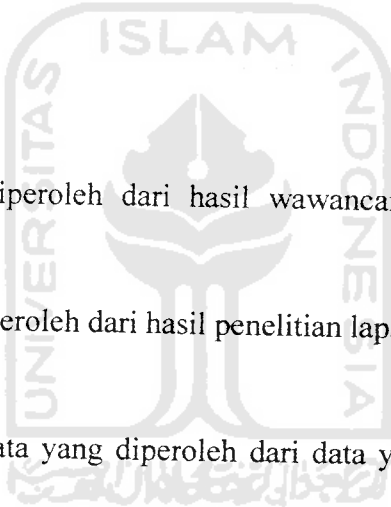
Gambar 3.4 Tampilan Promodel Simulasi Shop Floor

3.5 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Proses ini dilakukan untuk merumuskan masalah agar lebih jelas dan sistematis atas permasalahan yang diungkapkan dalam latar belakang masalah. Identifikasi ini diperlukan agar rumusan masalah, latar belakang masalah dan judul penelitian saling berkaitan.

3.6 Pengumpulan Data

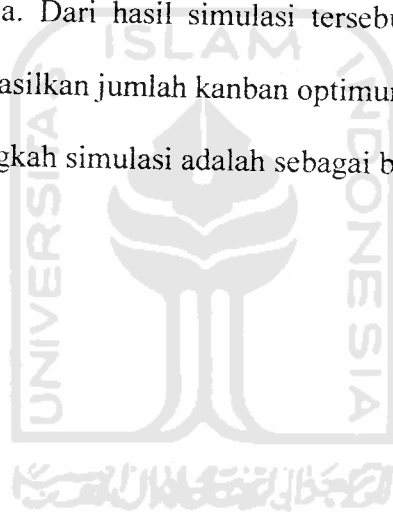
Data yang diambil sebagai bahan pengamatan adalah berupa data primer dan data sekunder.

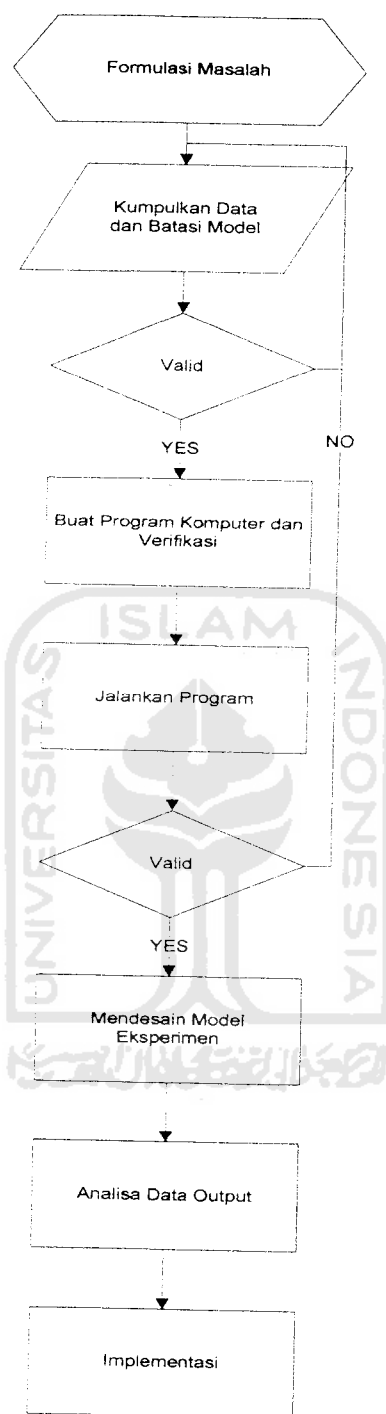
- 
- a. Data primer
 1. Data yang diperoleh dari hasil wawancara yang dilakukan secara langsung.
 2. Data yang diperoleh dari hasil penelitian lapangan.
 - b. Data sekunder
 1. Merupakan data yang diperoleh dari data yang telah disediakan oleh perusahaan.
 2. Data yang diperoleh dari beberapa sumber bacaan (studi literatur) seperti buku, skripsi dan jurnal yang berhubungan dengan permasalahan dan data dari peneliti sebelumnya dengan kasus yang sama.

3.7 Pengolahan Data dan Analisis Hasil

Data-data yang sudah terkumpul kemudian diolah dengan menggunakan perhitungan secara matematis sesuai dengan model yang akan digunakan kemudian dianalisa perilaku sistem dengan pendekatan simulasi software Promodel 6.0. Simulasi dengan menggunakan software Promodel 6.0 diawali dengan memasukkan data – data yang telah didapat dari rantai produksi. Adapun data – data yang dibutuhkan software tersebut adalah data waktu proses dan data waktu transfer yang telah terlebih dahulu diketahui jenis distribusinya. Dari hasil simulasi tersebut akan didapat prosentase jumlah produk sehingga dihasilkan jumlah kanban optimum.

Adapun langkah-langkah simulasi adalah sebagai berikut:





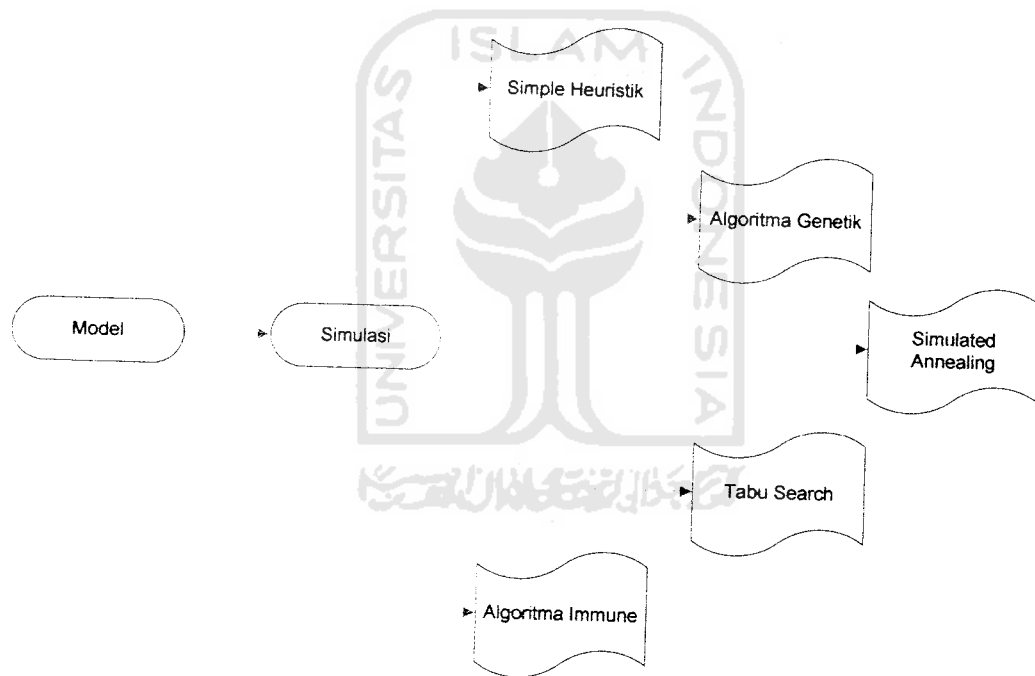
Gambar 3.5 Langkah-Langkah Simulasi

3.8 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang diperoleh dari pengolahan dan analisis data kemudian didiskusikan untuk mengetahui kemungkinan kekurangan atau kelebihan dari hasil penelitian sehingga dapat dibuat suatu rekomendasi terhadap hasil penelitian ini.

3.9 Peta Penelitian (*Mapping of Research*)

Adapun pentingnya peta penelitian adalah dapat sejauh mana penelitian dapat dilakukan dan juga dapat diperkirakan hasil-hasil yang dicapai.



Gambar 3.6 Peta Penelitian yang dilaksanakan

BAB IV

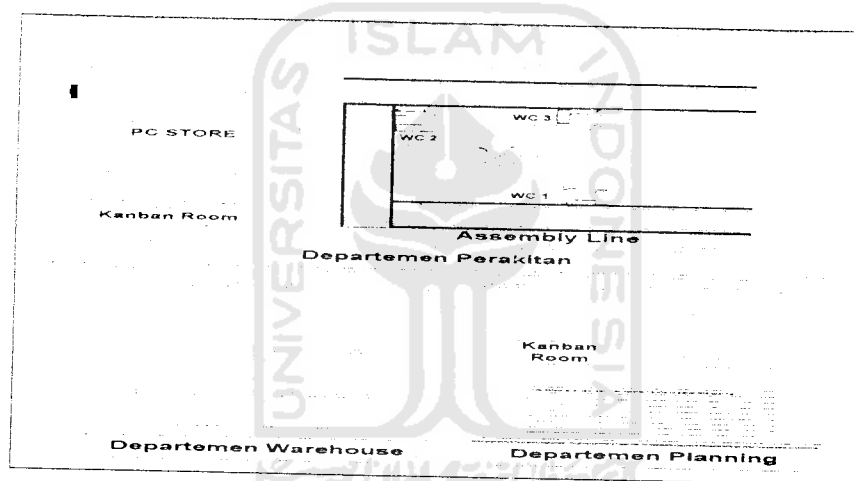
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Laboratorium Sistem Produksi Fakultas Teknologi Industri merupakan tempat dimana penulis melakukan penelitian. Di tempat tersebut penulis membuat miniatur dari *sistem Just in Time* di Toyota Motor Manufacturing Indonesia (TMMIN) yang disesuaikan dengan keadaan di laboratorium. Penelitian dilaksanakan di lantai produksi dengan menggunakan beberapa fasilitas dari laboratorium seperti *conveyor belt*, beberapa meja dan kursi, container, dan obeng sebagai mesin rakitnya. Sedangkan produk yang digunakan adalah tamiya, yaitu tamiya Sonic Saber dan tamiya Astute. Kedua tamiya ini memiliki banyak kesamaan, yang meliputi hampir sebagian besar atau *Family Product* dan cukup mewakili dari hasil penelitian di PT.TMMIN. Dan lantai produksi di Laboratorium Sistem Produksi ini dijadikan sebagai departemen assembly.

Pada penelitian ini lantai produksi dibagi menjadi tiga bagian yaitu departemen planning, departemen supplier dan departemen assembly. Departemen Planning adalah departemen yang memberikan informasi kepada Departemen Assembly. Departemen Warehouse adalah departemen yang memberikan suplai part-part yang dibutuhkan oleh Departemen Assembly apabila ada permintaan dari departemen tersebut dengan menggunakan kanban produksi. Sedangkan Departemen Assembly dibagi menjadi 3 bagian yang pertama *kanban room* yaitu tempat *kanban-*

kanban itu dikumpulkan dan diproses, baik *kanban* produksi maupun *kanban* withdrawal. Bagian yang kedua adalah *PCS Store* atau Gudang Awal yaitu tempat dimana part-part dari warehouse itu ditempatkan yang nantinya akan ditransfer oleh kumbang putar ke setiap stasiun kerja dengan membawa kontainer dan *kanban* withdrawal. Bagian yang ketiga adalah lini rakit, dilini rakit ini terdiri dari 3 buah stasiun kerja, dimana disini adalah tempat perakitan part-part untuk menjadi produk jadi. (Gambar 4.1)



Gambar 4.1 Layout Lantai Produksi di Laboratorium Sistem Produksi

4.1.1 Struktur Produk/*Bill Of Material* Produk Tamiya Astute dan Sonic Saber

Produk Tamiya Astute dan Sonic Saber mempunyai struktur produk/BOM seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1 dan struktur produk dalam bentuk *tree diagram* dapat dilihat pada lampiran.

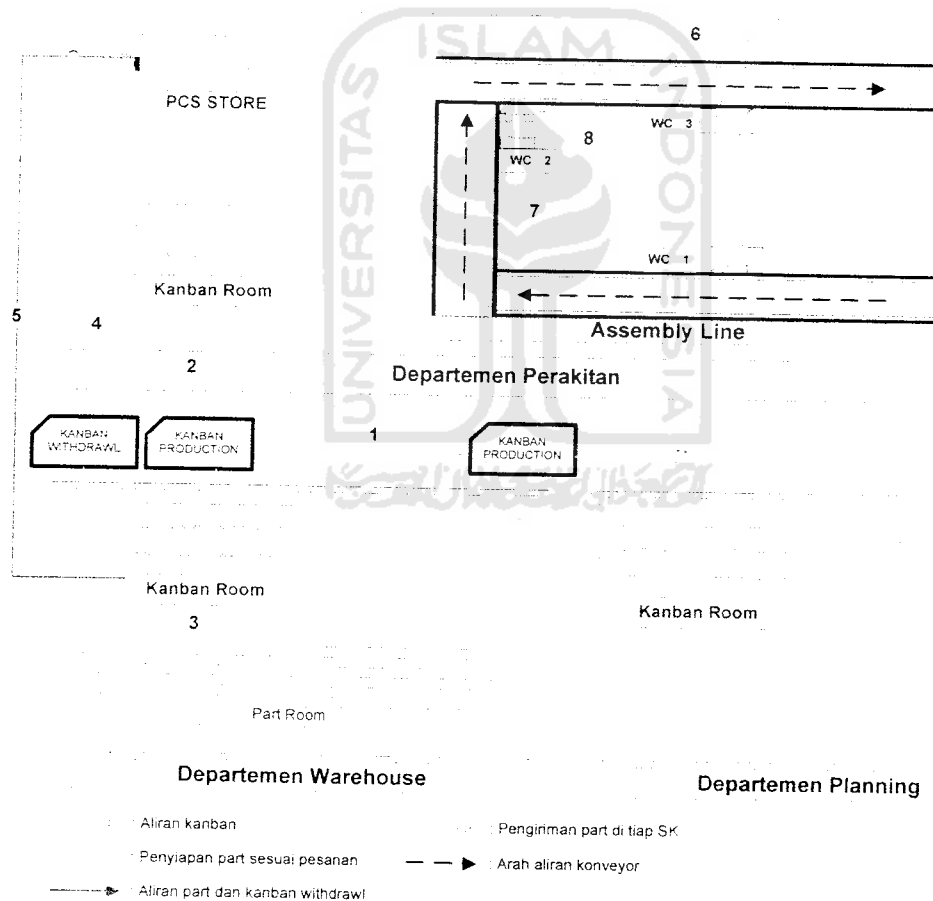
Tabel 4.1 *Bill Of Material* Produk Tamiya Astute dan Sonic Saber

No.	Nama Part	Kode Part	Work Center	Per Parent (unit)	
				Sonic	Astute
1	Body Atas Sonic	BA - S	2	1	-
2	Body Atas Astute	BA - A	2	-	1
3	Body Bawah	BB	1	1	1
4	Sayap Body Atas Sonic	SBA - S	2	1	-
5	Sayap Body Atas Astute	SBA - A	2	-	1
6	Ring Putih Body Atas Sonic	RPBA - S	2	2	-
7	Shock Body Atas Astute	ShBA - A	2	-	1
8	Specers+Eyelet (Roda)	Spe	1	4	4
9	Step Screws Body Atas (Mur)	SSBA - S	2	2	-
10	Step Srews Body Bawah	SSBB	3	2	2
11	Step Srews Sayap Bawah	SSSB	1	2	2
12	Sayap Bawah	SB	1	1	1
13	Ring Sayap Bawah	RSB	1	2	2
14	Srews (Mur Putih)	Sr	1	1	1
15	Big Blue Gear	BBG	1	1	1
16	Kuningan Motor Besar	KMB	2	1	1
17	Kuningan Motor Kecil	KMK	2	1	1
18	Tutup Shaft	T - Sh	1	1	1
19	Panther Motor	PM	2	1	1
20	Rangka Motor	RM	2	1	1
21	Blue Gear	BG	2	1	1
22	One Way Wheel Depan Sonic	OWWD - S	3	2	-
23	One Way Wheel Depan Astute	OWWD - A	3	-	2
24	One Way Wheel Belakang Sonic	OWWB - S	3	2	-
25	One Way Wheel Belakang Astute	OWWB - A	3	-	2
26	Sponge Tire Depan Sonic	STD - S	3	2	-
27	Sponge Tire Depan Astute	STD - A	3	-	2
28	Sponge Tire Belakang Sonic	STB - S	3	2	-
29	Sponge Tire Belakang Astute	STB - A	3	-	2
30	Shaft (As)	Sh	3	2	2
31	Switch On-Off	SOO	1	1	1
32	Aluminum Batteries	AB	1	1	1

33	Blue Green Ring	BR	3	2	2
34	O-Ring	OR	3	2	2
35	Tutup Baterai	TB	1	1	1
36	Key	Ky	2	1	1

4.1.2 Aliran Proses Produksi

Aliran proses produksi pada penelitian di Laboratorium Sistem Produksi adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Aliran Proses Produksi di Laboratorium Sistem Produksi

Keterangan :

- a. Informasi dari departemen *planning* berupa jumlah permintaan konsumen terhadap produk diberikan ke *kanban room* departemen *assembly* dengan menggunakan *kanban produksi End Product*.
- b. *Kanban room* departemen *assembly* melakukan pengolahan *Production Kanban End Product* menjadi *Production Kanban part* dan menginstruksikan ke departemen *warehouse* untuk menyiapkan pesanan *part* yang dibutuhkan dengan menggunakan *Production Kanban part*.
- c. Departemen *assembly* mengeluarkan *withdrawal* *kanban* untuk menarik *part-part* yang telah dipesan sebelumnya dengan menggunakan *production Kanban part*.
- d. *Withdrawal* *kanban* dan *part-part* dibawa ke departemen *assembly* di bagian *PC Store*.
- e. Kumbang Putar mengambil *part-part* sesuai dengan *shopping list* dan mendistribusikannya kesetiap stasiun kerja bersama dengan *Withdrawal* *kanban*.

4.1.3 Proses Produksi

Proses produksi akan dimulai apabila departemen *planning* telah mengedarkan kartu *kanban produksi* yang menginformasikan berapa produk *tamiya* yaitu *Sonic* dan *Astute* harus di rakit atau di butuhkan. Untuk menginformasikan berapa jumlah dan *part-part* apa saja yang dibutuhkan yang harus ada disetiap stasiun kerja (*work center*), maka departemen *assembly* akan melakukan pengolahan *Production Kanban*

End Product menjadi *Production Kanban part* lalu menginformasikannya ke departemen *warehouse*. Petugas departemen *warehouse* akan mempersiapkan *part-part* yang tertera pada kanban produksi dan mengirimkannya kepada departemen *assembly*.

Di departemen *assembly*, *part-part* yang datang dari *supplier* di letakkan di PC. Store (gudang sementara), kemudian petugas di kanban *room* mempersiapkan daftar *part part (shopping list)* yang dibutuhkan untuk setiap stasiun kerja dan memberikan instruksi kepada kumbang putar untuk mengambil *part-part* di PC. Store sesuai dengan *shopping list* tersebut. Setiap *part* yang di ambil dari PC. Store ditempelkan *withdrawal kanban* untuk dibawa menuju lini rakit (*assy line*).

4.1.3.1 Proses perakitan di Assy Line

Proses perakitan di *Assy line* terdiri beberapa elemen kerja sebagai berikut :

Tabel 4.2 Elemen Kerja dalam Proses Perakitan Tamiya Sonic

Kode	Elemen Kerja
A	Perakitan Rangka atas (Body Atas, Ring Body Atas Sonic, Step Screw Ring Body Atas Sonic, Sayap Body Atas Sonic)
B	Perakitan Ring body Bawah (Blue Green Ring dan O Ring)
C	Perakitan Sayap Bawah (Ring Sayap bawah, Step Screw Sayap bawah, Sayap Bawah)
D	Perakitan Motor (Rangka Motor, Kuningan Motor Besar, Kuningan Motor Kecil, Panther Motor, Blue Gear)
E	Perakitan Roda (One Way Wheel, Sponge Tire, Shaft)
F	Perakitan Big Blue Gear dengan Body Bawah
G	Perakitan Spacer dan Body Bawah
H	Perakitan Roda dengan Spacer dan Body Bawah

I	Perakitan Switch On Off, Alumunium Baterai, Tutup Shaft, dengan Body Bawah
J	Perakitan Tutup Baterai dengan Body Bawah
K	Perakitan Motor dan Body Bawah
L	Perakitan Sayap Bawah, White Screw, dan Body Bawah
M	Perakitan Ring Body Bawah dengan Body Bawah
N	Perakitan Body Atas ke Body Bawah dengan Key

Tabel 4.3 Elemen Kerja dalam Proses Perakitan Tamiya Astute

Kode	Elemen Kerja
A	Perakitan Rangka atas (Body Atas, Shock Body Atas Astute, Sayap Body Atas Astute)
B	Perakitan Ring body Bawah (Blue Green Ring dan O Ring)
C	Perakitan Sayap Bawah (Ring Sayap bawah, Step Screw Sayap bawah, Sayap Bawah)
D	Perakitan Motor (Rangka Motor, Kuningan Motor Besar, Kuningan Motor Kecil, Panther Motor, Blue Gear)
E	Perakitan Roda (One Way Wheel, Sponge Tire, Shaft)
F	Perakitan Big Blue Gear dengan Body Bawah
G	Perakitan Spacer dan Body Bawah
H	Perakitan Roda dengan Spacer dan Body Bawah
I	Perakitan Switch On Off, Alumunium Baterai, Tutup Shaft, dengan Body Bawah
J	Perakitan Tutup Baterai dengan Body Bawah
K	Perakitan Motor dan Body Bawah
L	Perakitan Sayap Bawah, White Screw, dan Body Bawah
M	Perakitan Ring Body Bawah dengan Body Bawah
N	Perakitan Body Atas ke Body Bawah dengan Key

Untuk mencapai kondisi seimbang dan tidak terjadi bottleneck atau penumpukan WIP dalam proses perakitan, dilakukan proses simulasi untuk mencapai pembebanan kerja yang merata dan mencegah terjadinya Mura, sebagai berikut :

Pada awal simulasi dilakukan pembagian elemen kerja sebagai berikut :

Stasiun Kerja 1 : D, A

Stasiun Kerja 2 : F, I, J, K, M

Stasiun kerja 3 : B, C, E, G, H, L, N

Pada simulasi awal ini terjadi penumpukan kerja di stasiun kerja 3 dan ketidak seimbangan lini antara stasiun kerja 1 dan 2, sehingga terjadi *bottleneck* di stasiun kerja 2, perlu dilakukan perubahan pembagian elemen kerja, yaitu :

Stasiun Kerja 1 : D, A

Stasiun Kerja 2 : F, I, G, J, K, M

Stasiun kerja 3 : B, C, E, H, L, N

Pada simulasi ini penumpukan kerja di stasiun kerja 3 telah hilang, namun tetap terjadi ketidak seimbangan lini antara stasiun kerja 1 dan 2, sehingga ada *bottleneck* di stasiun kerja 2, sehingga perlu dilakukan lagi perubahan pembagian elemen kerja sebagai berikut :

Stasiun Kerja 1 : C, F, G, I, J, L

Stasiun Kerja 2 : A, D, K, N

Stasiun kerja 3 : B, E, H, M

Perubahan elemen kerja diatas telah menyelesaikan masalah *bottleneck* yang ada, sehingga lini rakit telah berada pada kondisi seimbang.

Setelah Menyeimbangkan lini rakit, dilakukan simulasi proses perakitan di *assy line* yang dilakukan sebanyak 32 kali untuk mendapatkan rata-rata waktu proses dari setiap stasiun kerja yang cenderung sama.

Tabel 4.4 Waktu Proses Perakitan Astute dan Sonic di setiap Stasiun Kerja

Data ke-	Waktu Proses (detik)					
	Astute			Sonic		
	SK 1	SK 2	SK 3	SK 1	SK 2	SK 3
1	70	71	71	70	75	72
2	69	69	71	69	72	71
3	70	73	70	69	68	71
4	71	70	69	67	69	66
5	67	67	68	66	69	67
6	66	66	66	68	67	64
7	62	64	65	65	67	67
8	66	63	64	65	66	64
9	67	65	64	64	65	67
10	66	68	62	66	65	64
11	66	66	62	65	62	62
12	63	67	61	64	59	60
13	61	64	61	66	60	61
14	60	65	61	63	60	60
15	62	63	60	62	58	62
16	61	61	61	61	61	60
17	63	60	61	60	60	60
18	66	58	61	58	58	59
19	63	58	60	57	57	57
20	61	59	59	56	60	58
21	60	56	59	55	58	57
22	57	56	59	55	61	58
23	58	56	58	55	58	58
24	56	56	57	54	59	59
25	56	56	55	53	57	58
26	53	56	54	55	57	56
27	53	56	53	54	57	55
28	53	56	52	54	57	52
29	53	56	52	54	57	52
30	53	56	52	54	57	52
31	53	56	52	54	57	52
32	53	56	52	54	57	52
Rata-rata	61,19	61,53	60,38	60,38	61,56	60,41
Dalam Menit	1,02	1,03	1,01	1,01	1,03	1,01

Selain itu juga dilakukan pencatatan waktu menggunakan stopwatch di setiap departemen yaitu departemen *planning*, departemen *assembly*, dan departemen *warehouse*. hingga waktu transfer yaitu waktu transfer informasi dari departemen *planning* ke departemen *assembly*, departemen *assembly* ke departemen *warehouse*, dan waktu transfer material yaitu waktu transfer *part-part* dari departemen *warehouse* menuju PC.Store (gudang sementara). dan waktu transfer *part-part* dari PC.Store menuju ketiga stasiun kerja. Adapun data waktu transfer informasi dan material di tiap departemen dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.5 Data Waktu Transfer

No.	Waktu Transfer	Jumlah (menit)	Keterangan
1	Dept Planning - Dept assembly	0.19	Informasi
2	Dept assembly - Warehouse	0.19	Informasi
3	Warehouse- PC Store Assembly	0.20	Material
4	PC Store – Stasiun Kerja	0.20	Material

Data waktu penyiapan unit *part* dan kanban di tiap departemennya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Waktu Penyiapan Kanban dan Waktu Penyiapan Material

Departemen	Waktu Penyiapan/unit (det)	Menit
Dept. Planning	2	0,03
Dept. Warehouse	3	0,05

Data permintaan Astute dan Sonic pada setiap replikasi adalah:

Tabel 4.7 Permintaan Astute dan Sonic

Replikasi	Astute	Sonic
1	140	143
2	141	143
3	141	143
4	140	143
5	142	143
6	141	142
7	141	141
8	141	142
9	142	143
10	141	141
11	141	142
12	142	141
13	141	141
14	141	141
15	142	142
16	142	142
17	141	142
18	141	142
19	142	142
20	140	142
21	141	141
22	141	143
23	140	142
24	141	143
25	141	142

26	141	142
27	140	142
28	142	142
29	141	143
30	141	142
31	140	143
32	141	141

4.1.4 Peta Proses Operasi

Peta proses operasi dapat dilihat pada lampiran

4.1.5 Alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Data Peralatan yang Digunakan

Nama Alat	Jumlah
Kontainer	7 Buah
Obeng Positif	3 buah
Stop Watch	4 Buah

4.1.6 Kapasitas Kontainer

Ukuran kontainer untuk semua produk dan part sama yaitu 4500 cm³.

4.1.7 Jumlah Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang ada total 8 tenaga kerja, dengan perincian sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data Jumlah Tenaga Kerja

No	Area Kerja	Jumlah Tenaga Kerja
1	PC Store	1 orang
2	Kanban Room Dept. Assembly	1 orang
3	Operator Lini Rakit	3 orang
4	Kumbang Putar	1 orang
5	Dept. Warehouse	1 orang
6	Dept. planning	1 orang
Jumlah		8 Orang

4.1.8 Jam Tenaga Kerja

Jam kerja disesuaikan dengan jam kerja di PT TMMIN yaitu 8 jam kerja per hari, 5 hari kerja per minggu, dan 20 hari kerja per bulan. Dimana jam kerja mulai dari pukul 07.00-16.00 WIB.

4.1.9 Alokasi Biaya

1. Biaya Operator

UMR per bulan : Rp 475.000

Biaya Operator = Rp 23.750/hari x 8 orang

= Rp 190.000/hari

2. Biaya Kanban

Biaya Kanban : @ Rp 1.000,00 / unit kanban

Umur ekonomis : 1 tahun

4.2 Pengolahan Data

Dari data yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan pengolahan data. Ketepatan pengolahan data tergantung ketepatan perhitungannya. Jika hal tersebut dipenuhi diharapkan keakuratan hasil yang diperoleh akan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perhitungan model matematis yang telah dikembangkan oleh peneliti sebelumnya untuk menentukan jumlah kanban yang optimal pada sistem tarik dengan menggunakan pendekatan simulasi.

4.2.1 Permintaan Produk

Jumlah rata-rata order per replikasi pada penelitian ini diperoleh dari hasil simulasi yaitu masing masing produk 142 astute dan 143 sonic.

$$\text{Jumlah order per menit} = \frac{\text{Jumlah order per hari (unit)}}{\text{Jam kerja perhari (menit)}}$$

$$\text{Jumlah order per menit Astute} = \frac{142 \text{ unit}}{480 \text{ menit}} = 0,30 \text{ unit / menit}$$

$$\text{Jumlah order per menit Sonic} = \frac{143 \text{ unit}}{480 \text{ menit}} = 0.30 \text{ unit / menit}$$

4.2.2 Jumlah Kebutuhan Part

$$\text{Jumlah kebutuhan} = \sum (\text{demand S x per parent S}) + (\text{demand A x per parent A})$$

Tabel 4.10 Jumlah Kebutuhan Part

No.	Nama Part	Jumlah (unit/menit)	No.	Nama Part	Jumlah (unit/menit)
1	BA - S	0.30	19	PM	0.59
2	BA - A	0.30	20	RM	0.59
3	SBA - S	0.30	21	BG	0.59
4	SBA - A	0.30	22	OWWD - S	0.60
5	RPBA - S	0.60	23	OWWD - A	0.59
6	ShBA - A	0.30	24	OWWB - S	0.60
7	SSBA - S	0.60	25	OWWB - A	0.59
8	SSSB	1.19	26	STD - S	0.60
9	SB	0.59	27	STD - A	0.59
10	RSB	1.19	28	STB - S	0.60
11	BR	1.19	29	STB - A	0.59
12	OR	1.19	30	SOO	0.59
13	BB	0.59	31	AB	0.59
14	Sr	0.59	32	TB	0.59
15	BBG	0.59	33	Spc	2.38
16	KMB	0.59	34	SSBB	1.19
17	KMK	0.59	35	Sh	1.19
18	T - Sh	0.59	36	Ky	0.59

4.2.3 Ukuran Lot Kanban

Ukuran lot *production kanban end product* pada penelitian ini diperoleh dari random yaitu masing masing produk 4 unit yang tetap memperhatikan kapasitas kontainer.

Ukuran lot *production kanban* dan *withdrawal kanban part* adalah sama, diperoleh dari perkalian ukuran lot *production kanban end product* terhadap per parentnya.

Ukuran lot *production kanban* dan *withdrawal kanban part* dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.11 Ukuran lot kanban part

No.	Nama Kanban	Lot size (unit)	No.	Nama Kanban	Lot size (unit)
1	BA - S	4	19	PM	8
2	BA - A	4	20	RM	8
3	SBA - S	4	21	BG	8
4	SBA - A	4	22	OWWD - S	8
5	RPBA - S	8	23	OWWD - A	8
6	ShBA - A	4	24	OWWB - S	8
7	SSBA - S	8	25	OWWB - A	8
8	SSSB	16	26	STD - S	8
9	SB	8	27	STD - A	8
10	RSB	16	28	STB - S	8
11	BR	16	29	STB - A	8
12	OR	16	30	SOO	8
13	BB	8	31	AB	8
14	Sr	8	32	TB	8
15	BBG	8	33	Spc	32
16	KMB	8	34	SSBB	16
17	KMK	8	35	Sh	16
18	T - Sh	8	36	Ky	8

4.2.4 Lead Time

Lead time *production* kanban *part* merupakan waktu yang diperlukan untuk memesan *part* dan waktu penyiapan *part* di *warehouse*. Lead time *production* kanban *part* dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Lead time production kanban part

No.	Nama Kanban	Lead time (menit)	No.	Nama Kanban	Lead time (menit)
1	BA - S	0.39375	19	PM	0.59375
2	BA - A	0.39375	20	RM	0.59375
3	SBA - S	0.39375	21	BG	0.59375
4	SBA - A	0.39375	22	OWWD - S	0.59375
5	RPBA - S	0.59375	23	OWWD - A	0.59375
6	ShBA - A	0.39375	24	OWWB - S	0.59375
7	SSBA - S	0.59375	25	OWWB - A	0.59375
8	SSSB	0.99375	26	STD - S	0.59375
9	SB	0.59375	27	STD - A	0.59375
10	RSB	0.99375	28	STB - S	0.59375
11	BR	0.99375	29	STB - A	0.59375
12	OR	0.99375	30	SOO	0.59375
13	BB	0.59375	31	AB	0.59375
14	Sr	0.59375	32	TB	0.59375
15	BBG	0.59375	33	Spc	1.79375
16	KMB	0.59375	34	SSBB	0.99375
17	KMK	0.59375	35	Sh	0.99375
18	T - Sh	0.59375	36	Ky	0.59375

Lead time *withdrawal* kanban *part* merupakan hasil penjumlahan waktu transfer informasi, transfer part dari departemen *warehouse* ke PC Store kemudian ke stasiun

kerja dan waktu proses lot distasiun kerja. Lead time withdrawal kanban *part* dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4.13 *Lead time withdrawal kanban part*

No.	Nama Kanban	Lead time (menit)	No.	Nama Kanban	Lead time (menit)
1	BA - S	12.72	19	PM	24.92
2	BA - A	12.79	20	RM	24.92
3	SBA - S	12.72	21	BG	24.92
4	SBA - A	12.79	22	OWWD - S	12.72
5	RPBA - S	12.72	23	OWWD - A	12.79
6	ShBA - A	12.72	24	OWWB - S	12.72
7	SSBA - S	12.72	25	OWWB - A	12.79
8	SSSB	24.92	26	STD - S	12.72
9	SB	24.92	27	STD - A	12.79
10	RSB	24.92	28	STB - S	12.72
11	BR	24.92	29	STB - A	12.79
12	OR	24.92	30	SOO	24.92
13	BB	24.92	31	AB	24.92
14	Sr	24.92	32	TB	24.92
15	BBG	24.92	33	Spc	24.92
16	KMB	24.92	34	SSBB	24.92
17	KMK	24.92	35	Sh	24.92
18	T - Sh	24.92	36	Ky	24.92

Sedangkan *lead time production* kanban *end product* merupakan hasil penjumlahan waktu transfer informasi dari departemen *planning* – departemen *Assy.* dengan *lead time production* kanban *part* dan *lead time withdrawal* kanban *part*, yaitu 27.04 menit.

4.2.5 Rata – rata Waktu Siklus (RWS)

a. Waktu Siklus Pesanan (WSP)

Waktu siklus pesanan adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu kali order yaitu masing-masing produk sebesar 4.0 menit.

b. Proporsi Demand (X)

Proporsi demand adalah persentase demand suatu produk terhadap demand keseluruhan.

$$\begin{aligned} \text{Proporsi demand astute } (X_A) &= \frac{\sum \text{Demand Astute}}{\sum \text{Demand Astute} + \sum \text{Demand Sonic}} \times 100\% \\ &= \frac{142 \text{ unit}}{285 \text{ unit}} \times 100\% \\ &= 49.8\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Proporsi demand Sonic } (X_S) &= 100\% - 49.8\% \\ &= 50.2\% \end{aligned}$$

c. Rata-rata Waktu Siklus

Rata-rata waktu siklus adalah rata-rata waktu yang diperlukan untuk memproduksi satu unit produk.

$$\begin{aligned} RWS &= (X_A \times WSP_A) + (X_S \times WSP_S) \\ &= (0.498 \times 4.0 \text{ menit}) + (0.502 \times 4.0 \text{ menit}) \\ &= 4.0 \text{ menit} \end{aligned}$$

4.2.6 Jumlah Kanban (JK)

Jumlah kanban didapatkan dengan menggunakan rumus monden, yaitu :

$$\text{Jumlah Kanban} = \frac{\text{Demand} \times \text{Lead Time} \times \text{Faktor Pengaman}}{\text{Ukuran Lot}}$$

Untuk faktor pengaman di tetapkan 1, dengan mengasumsikan bahwa proses telah stabil atau telah mencapai kondisi ideal dari *Just In Time*.

Jumlah kanban dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Jumlah Kanban

Jumlah Kanban (JK)	
Jenis Kanban	Jumlah Kanban
Production End Produk	5
Production Part	41
Withdrawal Part	72
Jumlah	113

4.2.7 Makespan

Makespan merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan semua order yaitu sebesar 308.58 menit.

4.2.8 Analisa Biaya

4.2.8.1 Biaya Waktu Tunggu (BWT)

Biaya waktu tunggu diasumsikan sebagai biaya penyusutan bahan baku per menit.

$$\text{Biaya waktu tunggu} = \frac{\text{Biaya Operator}}{\text{Rata - rata waktu siklus 1 produk}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 190.000 / 285 \text{ unit}}{4,00 \text{ menit}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 666,67 / \text{unit}}{4,00 \text{ menit}}$$

$$= \text{Rp } 166,67 / \text{menit_unit}$$

4.2.8.2 Biaya Kanban (BK)

$$\text{Biaya kanban} = \frac{\text{Biaya Kanban}}{\text{Umur Ekonomis}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 1.000,00}{(12 \times 20 \times 8) \times 60 \text{ menit}}$$

$$= \text{Rp } 0,01 / \text{menit}$$

4.2.8.3 Total Cost

$$TC = (\text{BWT} \times \text{RWS} \times \text{TJOP}) + (\text{BK} \times \text{JK} \times \text{Makespan})$$

$$= (\text{Rp } 166,67 / \text{menit_unit} \times 4,0 \text{ menit} \times 285 \text{ unit}) + (\text{Rp } 0,01 / \text{menit_unit} \times 113 \text{ unit} \times 308,58 \text{ menit})$$

$$= \text{Rp } 190.003,8 + \text{Rp } 302,69$$

$$= \text{Rp } 190.306,49$$

4.3 Simulasi Sistem

4.3.1 Formulasi Masalah

Tahap ini merupakan landasan permasalahan penelitian yang akan dikaji. Sesuai dengan batasan masalah, dengan menganalisa dari output simulasi yaitu hasil keluaran end produk dan waktu proses yang terjadi dalam simulasi sistem.

4.3.2 Pengumpulan Data Simulasi

Supaya Model yang disimulasi dapat menyerupai sistem nyatanya, maka harus mengidentifikasi bagian model simulasi, yaitu sebagai berikut

1. Entitas adalah bahan baku, yang diidentifikasi sebagai Jenis Part.
2. Location adalah Receiving, PC Store dan Stasiun Kerja
3. Resource adalah Operator dan Kumbang Putar.
4. Path Network adalah alur jalannya Kumbang Putar di dalam Lini Rakit.
5. Arrivals menunjukkan tempat dimana entitas tiba pada suatu system untuk diamati pertama kalinya.
6. Processing menunjukkan proses yang dialami entitas sesuai dengan data waktu proses yang ada.
7. Replikasi menentukan waktu berhentinya simulasi dengan *run hour* dan jumlah replikasi yang telah ditentukan. Dalam simulasi ini menggunakan *run hour* 8 jam sesuai waktu kerja dengan 32 replikasi.

4.3.3 Pengolahan Distribusi Waktu

Dalam tahap ini, tidak dilakukan uji kecukupan data dan keseragaman data waktu yang telah ada. Namun akan dicari distribusi yang sesuai dengan menggunakan Stat Fit pada Promodel 6.0. Contoh pencarian distribusi yang sesuai untuk waktu proses disetiap stasiun kerja (tabel 4.4).

Dengan langkah seperti diatas, maka untuk memudahkan proses pencarian akan dilakukan dengan penggunaan Stat Fit. Selanjutnya pada lampiran.

Jenis distribusi hasil pengolahan Stat Fit adalah :

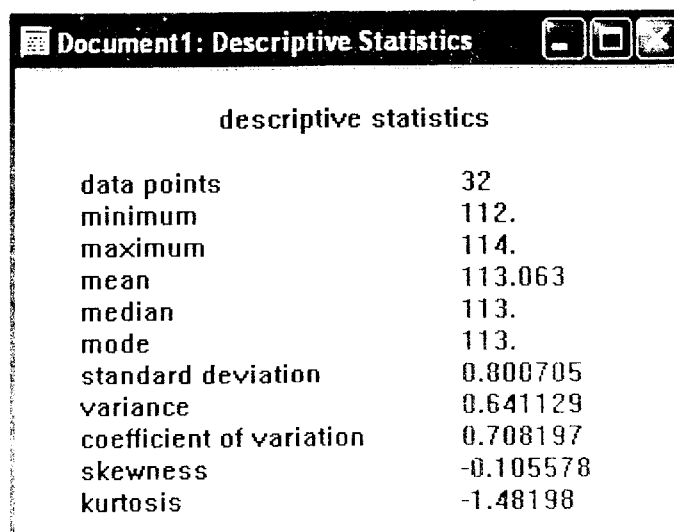
- a. SK 1 (Sonic) : $N(60.4, 5.67)$
- b. SK1 (Astute) : $N(61.2, 5.76)$
- c. SK 2 (Sonic) : $N(61.6, 5.02)$
- d. SK 2 (Astute) : $N(61.5, 5.4)$
- e. SK 3 (Sonic) : $N(60.4, 5.64)$
- f. SK 3 (Astute) : $N(60.4, 5.69)$

4.3.4 Validasi Data Output

Program yang dijalankan dapat digunakan untuk menguji sensitivitas hasil dari model terhadap perubahan kecil pada parameter masukan, jika hasilnya berubah maka suatu estimasi yang baik harus diambil. Jika sistem nampak sama dengan yang ada pada saat ini, data hasil dari program simulasi dapat dibandingkan dengan sistem nyatanya. Dengan melakukan uji pengamatan berpasangan, jika hasilnya baik maka program simulasi dinyatakan valid dan model dianggap representasi dari sistem nyatanya.

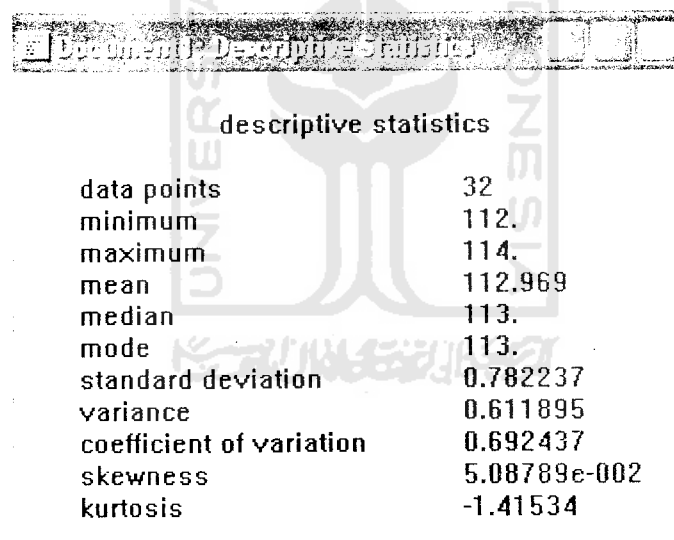
Tabel 4.15 Perbandingan Output Sistem Simulasi dan Nyata

REPLIKASI	SISTEM NYATA	SIMULASI
1	114	114
2	112	112
3	114	112
4	112	113
5	113	113
6	113	112
7	113	113
8	112	112
9	114	114
10	113	114
11	112	113
12	114	112
13	113	112
14	113	113
15	112	113
16	114	114
17	113	114
18	112	113
19	114	113
20	114	114
21	113	113
22	112	112
23	113	113
24	113	114
25	112	112
26	114	114
27	114	113
28	112	114
29	114	112
30	114	113
31	113	113
32	113	112



descriptive statistics	
data points	32
minimum	112.
maximum	114.
mean	113.063
median	113.
mode	113.
standard deviation	0.800705
variance	0.641129
coefficient of variation	0.708197
skewness	-0.105578
kurtosis	-1.48198

Gambar 4.3 Statistik Deskriptif Sistem Nyata



descriptive statistics	
data points	32
minimum	112.
maximum	114.
mean	112.969
median	113.
mode	113.
standard deviation	0.782237
variance	0.611895
coefficient of variation	0.692437
skewness	5.08789e-002
kurtosis	-1.41534

Gambar 4.4 Statistik Deskriptif Simulasi

a. Uji Dua Rataan

Simulasi:

Nyata:

$$\bar{x}_1 = 112.969$$

$$\bar{x}_2 = 113.063$$

$$S_1 = 0.782$$

$$S_2 = 0.801$$

$$S_1^2 = 0.612$$

$$S_2^2 = 0.641$$

Jika μ_1 = rata-rata dari sistem simulasi dan μ_2 = rata-rata dari sistem nyata, kemudian

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ = tidak ada perbedaan yang signifikan antara sistem simulasi dan nyata

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ = ada perbedaan yang signifikan antara sistem simulasi dan nyata

$$\alpha = 0.05,$$

1. Untuk populasi dengan $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$, dimana σ tidak diketahui, maka

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$S_p^2 = \frac{(32 - 1)0.641 + (32 - 1)0.612}{32 + 32 - 2}$$

$$= \frac{19.871 + 18.972}{62}$$

$$= 0.6265$$

$$S_p = 0.796$$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - d_0}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \\
 &= \frac{113.063 - 112.969}{0.796 \sqrt{\frac{1}{32} + \frac{1}{32}}} \\
 &= \frac{0.094}{0.199}
 \end{aligned}$$

$$T = 0.472$$

Dengan $\alpha = 0.05$ maka diperoleh nilai t sebagai berikut

$$t_{\alpha/2} = t_{0.05/2} = 1.96$$

Oleh karena $-t_{\alpha/2} < T < t_{\alpha/2}$, maka H_0 diterima sehingga diambil kesimpulan bahwa kedua populasi memiliki rata-rata yang sama.

Karena $t_{\text{hit}} \leq t_{\text{tab}}$ yaitu $1.26 \leq 1.708$ maka H_0 diterima, yang artinya tidak ada

2. Untuk populasi dengan $\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma$, dan σ tidak diketahui maka menggunakan pengolahan statistik uji sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{(\bar{X} - \bar{X}_2) - d_0}{\sqrt{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2}} \\
 &= \frac{(113.063 - 112.969) - 0}{\sqrt{0.612/32 + 0.641/32}} \\
 &= \frac{0.094}{0.198}
 \end{aligned}$$

$$T = 0.47$$

$$v = \frac{(S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2)^2}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}$$

$$v = \frac{[0,641/32 + 0.612/32]^2}{\frac{(0,641/32)^2}{32 - 1} + \frac{(0.612/32)^2}{32 - 1}}$$

$$v = \frac{(0.02 + 0.0191)^2}{\frac{(0.02)^2}{31} + \frac{(0.0191)^2}{31}}$$

$$v = \frac{0.00153}{0.0000129 + 0.00001176}$$

$$v = 62.04 \approx 62$$

Dengan $\alpha = 0.05$ maka diperoleh nilai t sebagai berikut

$$t_{\alpha/2} = t_{0.05/2} = 1.96$$

Oleh karena $-t_{\alpha/2} < T < t_{\alpha/2}$, maka H_0 diterima sehingga diambil kesimpulan bahwa kedua populasi memiliki rata-rata yang sama.

b. Uji dua Variansi

Jika σ_1^2 adalah variansi untuk sistem simulasi dan σ_2^2 adalah variansi untuk sistem nyata,

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ atau } \sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 1$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

H_0 diterima apabila $f_{1-\alpha/2}(v_1, v_2) < F < f_{\alpha/2}(v_1, v_2)$

Dengan Rumus

$$F = \frac{\frac{S_1^2}{\sigma_1^2}}{\frac{S_2^2}{\sigma_2^2}} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \cdot \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}$$

Karena $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$ maka rumus diatas menjadi

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{dengan } S_1^2 > S_2^2$$

Maka diperoleh nilai F dengan perhitungan sebagai berikut:

$$F = \frac{0,641}{0,612} = 1,047$$

Dengan $\alpha = 0.05$ dan $v_1 = n_1 - 1$ serta $v_2 = n_2 - 1$, maka diperoleh nilai $f_{1-\alpha/2}(v_1, v_2) = 0.498$ dan $f_{\alpha/2}(v_1, v_2) = 2,23$

Karena $f_{1-\alpha/2}(v_1, v_2) < F < f_{\alpha/2}(v_1, v_2)$ maka H_0 diterima, yang berarti kedua populasi memiliki variansi yang sama.

Sehingga dari uji statistik diatas, model simulasi yang telah dijalankan dapat menjadi representasi sistem nyatanya.

c. Uji Distribusi dengan Stat Fit

Kedua data diasumsikan normal oleh karena itu dilakukan pengolahan distribusi data output dengan Stat Fit :

Distribusi data output simulasi adalah $N(112.96, 0.77)$ sedangkan distribusi data output system nyata adalah $N(113.06, 0.788)$. Selanjutnya dapat dilihat pada lampiran.

Oleh karena kedua populasi yang diuji diatas berdistribusi normal, maka disimpulkan bahwa kedua populasi tersebut memiliki distribusi yang sama

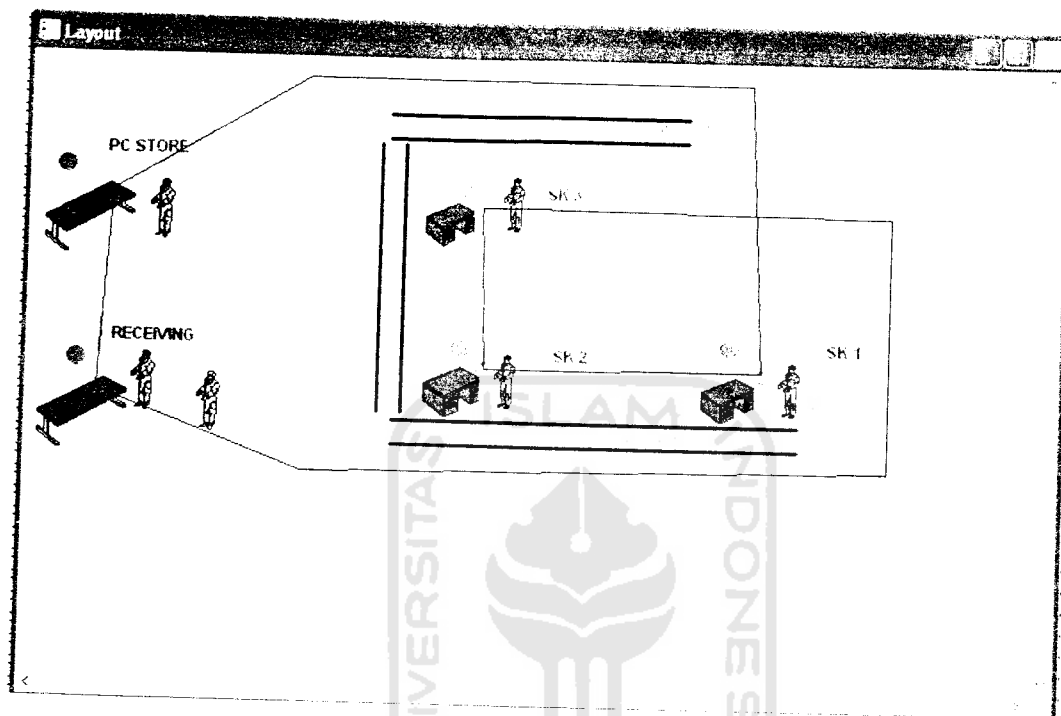
4.3.5 Perancangan Model Eksperimen

Program simulasi yang sudah dinyatakan valid maka selanjutnya akan dilakukan pembuatan model baru terhadap program tersebut sesuai dengan penelitian, yaitu pembuatan model alur pembuatan produk pada system JIT dengan menggunakan kanban

Dalam pembuatan model ini dimunculkan logika simulasi untuk menyesuaikan aturan yang ada. Dalam memodelkan sistem tersebut, tentunya dibutuhkan asumsi-asumsi untuk menyesuaikan sistem yang ada.

Dalam memodelkan sistem tarik tersebut akan ditambahkan modul *Location* sebagai modul yang memodelkan ukuran lot, proses *Wait* untuk memodelkan proses yang dialami part yang sudah menjadi paket dari *preceding procces* (proses sebelum)

dan untuk menahan lot yang akan dikirim ke *subsequent procces* (proses sesudah) dengan menambahkan logika yang sesuai pada *expression builder*. Tampilan Promodel untuk sistem gabungan tekan dan tarik dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Tampilan Promodel

Eksperimen ini dilakukan untuk menganalisa kinerja sistem, sehingga dihasilkan prosentase jumlah produk antara Astute dan Sonic untuk menghasilkan jumlah kanban yang optimum.

4.3.6 Jalankan Model Eksperimen

Dalam tahap ini, dijalankan model eksperimen dengan *run hour 8 jam* dan replikasi sebanyak 32.

4.3.7 Hasil Simulasi

Simulasi ini menghasilkan jumlah produk Astute dan Sonic sebagai berikut:

Tabel 4.16 Jumlah Produk Astute dan Sonic

Replikasi	Astute	Sonic
1	156	155
2	156	154
3	155	153
4	154	155
5	154	151
6	152	157
7	152	157
8	151	157
9	151	161
10	152	155
11	154	156
12	155	158
13	154	155
14	153	155
15	153	154
16	156	154
17	153	157
18	154	154
19	154	154
20	153	156
21	152	155
22	152	157
23	156	155
24	153	154
25	152	156
26	155	153
27	151	156
28	155	154
29	152	156
30	152	155
31	155	154
32	152	155

Dari hasil simulasi tersebut diolah ke dalam *Microsoft Excel* sehingga didapat Jumlah Kanban :

Tabel 4.17 Total Jumlah Kanban

Replikasi	Jumlah Kanban
1	114
2	112
3	112
4	113
5	113
6	112
7	113
8	112
9	114
10	114
11	113
12	112
13	112
14	113
15	113
16	114
17	114
18	113
19	113
20	114
21	113
22	112
23	113
24	114
25	112
26	114
27	113
28	114
29	112
30	113
31	113
32	112

Dari hasil simulasi didapat rata-rata jumlah demand 153 astute dan 155 sonic dengan jumlah kanban optimum adalah 112 kartu kanban, sehingga *total cost* yang dihasilkan adalah Rp. 188.522,43



BAB V

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari biaya total kombinasi kanban minimal dengan menentukan jumlah kanban yang optimal dan mempelajari secara mendalam penggunaan kanban dalam sistem tarik serta mencari pembuktian bahwa kanban dapat meningkatkan kinerja sistem.

Penelitian ini dimulai dengan pengajuan model awal oleh peneliti sebelumnya (Chairul Saleh, 2005) seperti pada gambar 3.2. Untuk pengembangan dan pengaplikasian di penelitian berikutnya, dilakukan observasi di PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia. Dengan melakukan proses *adopt* dari sistem *real* di PT. TMMIN, penelitian melakukan pengembangan dari model awal (gambar 3.3) dan membuat miniatur sistem JIT di Laboratorium Sistem Manufaktur FTI UII.

Penelitian dilanjutkan dengan melakukan simulasi. Simulasi awal adalah simulasi proses perakitan di *assy line*. Proses simulasi itu dimaksudkan untuk menyeimbangkan lini rakit dan pelatihan operator guna mendapatkan pekerja multi fungsi, dimana apabila terjadi pembebanan yang berlebih pada salah satu stasiun kerja dapat berpengaruh pada keseluruhan proses perakitan, yaitu timbulnya *bottleneck*, yang berarti terdapat *Work In process* yang besar disalah satu stasiun kerja. Hal ini terbukti pada saat simulasi perakitan pertama, dimana stasiun kerja 3 mendapat pembebanan berlebih dan ketidak seimbangan diantara stasiun kerja 1 dan 2, timbul *idle* yang cukup lama untuk operator stasiun kerja 1.

bottleneck di stasiun kerja 2, dan *delay* operator di stasiun kerja 3. Kemudian dilakukan perubahan pembagian elemen kerja. Perubahan ini hanya meratakan beban kerja distasiun kerja 3, sedangkan stasiun kerja 1 dan 2 masih belum seimbang, hasilnya, masih ada *bottleneck* distasiun kerja 2 dan *idle* untuk operator di stasiun kerja 1, tapi tidak ada *delay* dioperator stasiun kerja 3. Untuk mengatasi masalah *bottleneck* distasiun kerja 2 maka dilakukan lagi perubahan pembagian elemen kerja. Perubahan ini mampu menghilangkan *bottleneck* yang ada, sehingga lini rakit benar-benar dalam kondisi seimbang. Penyeimbangan lini rakit ini juga berpengaruh pada kinerja operator. Dikarenakan beban kerja pada setiap stasiun kerja hampir sama, kinerja operator pun hampir tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan. Hal ini terlihat pada waktu proses di setiap stasiun kerja yang memiliki selisih waktu yang kecil dan waktu proses distasiun kerja yang terus menurun (Tabel 4.4).

Simulasi dilanjutkan dengan simulasi sistem kanban dilantai produksi seperti pada pengembangan model, dimulai dari perencanaan produksi di departemen *planning*, yaitu penerimaan *demand* dari konsumen, kemudian dipersiapkan *production* kanban *end product* dengan ukuran lot masing-masing 4 unit *end product*. Kemudian *production* kanban *end product* itu dikirim ke departemen *assy* untuk diproduksi. Di departemen *assy*, *production* kanban *end product* itu diterima oleh kanban room, kemudian kanban room mengolah *production* kanban *end product* menjadi *production kanban part* yang dibutuhkan untuk memenuhi *demand* tersebut, yang selanjutnya akan dikirim ke departemen *warehouse*. Setelah departemen *warehouse* menerima *production kanban part* yang dikirim

oleh departemen *assy*, departemen *warehouse* menyiapkan part-part yang dibutuhkan tersebut. Untuk mengambil *part-part* yang telah dipersiapkan oleh departemen *warehouse*, kanban room departemen *assy* mengeluarkan *withdrawal* kanban. *Part* yang diambil dengan menggunakan *withdrawal* kanban tersebut untuk kemudian dikirim ke bagian PC. Store di departemen *assy*. *Part-part* tersebut akan diambil oleh kumbang putar berdasarkan *shopping list* yang diberikan oleh kanban room, dan langsung mendistribusikannya ke setiap stasiun kerja. Setelah *part-part* tersebut tiba di setiap stasiun kerja, dimulailah proses perakitan di *assy line*. Pengumpulan data didapat dari simulasi yang dilaksanakan berulang-ulang.

Dari hasil pengolahan data pada bab IV, pada kondisi awal dengan data yang didapat dari penelitian, dilakukan perhitungan dengan memasukkan waktu proses setiap stasiun kerja, waktu transfer, serta biaya-biaya pada formulasi matematis. Dari hasil rata-rata replikasi sistem nyata, *demand* (permintaan) untuk Astute 142 unit dan Sonic 143 unit, ukuran lot kanban 4, dan rata – rata waktu proses setiap stasiun kerja 60 detik. Jumlah kanban yang didapat sebanyak 113 kartu kanban. Kemudian dari hasil perhitungan awal didapatkan biaya total kombinasi kanban sebesar Rp 190.306,49

Pencarian dengan Software Promodel diawali dengan memasukkan input data waktu proses dan waktu transfer. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan jumlah produk 153 Astute dan 155 Sonic dengan rata-rata waktu proses setiap stasiun kerja 55 detik, kemudian akan diolah dalam *Microsoft Excel* sehingga

dihasilkan jumlah kanban dan *total cost* optimum. Jumlah kanban yang didapat 112 kartu kanban dengan *total cost* sebesar Rp. 188.522,43.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan kanban dalam sistem produksi dapat meningkatkan kinerja sistem, seperti aliran material yang lebih terkendali, dimana kita dapat memenuhi semua *demand* yang ada tanpa adanya pemborosan persediaan, baik itu persediaan barang jadi, setengah jadi, ataupun bahan baku, dikarenakan semua permintaan dan pengambilan produksi harus menggunakan kartu kanban yang didasari oleh kebutuhan aktual. Selain itu, operator dituntut untuk memiliki fleksibilitas yang tinggi, sehingga dia dapat memenuhi semua permintaan tepat produk, tepat jumlah, dan tepat waktu dengan kualitas tinggi, dan dengan menggunakan model matematis yang telah dibuat oleh peneliti sebelumnya (Chairul Saleh, 2005) yaitu :

Minimum TC =

$$TC = (BWT \times RWS \times TJOP) + (BK \times JK \times Makespan) \dots\dots\dots \text{Persamaan (1)}$$

maka optimasi jumlah kanban pada sistem tarik dapat meminimalkan total biaya kombinasi kanban.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan pembahasan terhadap hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Penerapan sistem kanban dalam proses perakitan tamiya astute dan sonic ini meningkatkan kinerja dalam sistem dalam proses *assembly* di *assy line* dan peningkatan kinerja operator. Jumlah kanban yang optimal didalam sistem JIT menggunakan pendekatan simulasi dengan Software Promodel 6.0 berdasarkan model matematis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu 112 unit kanban dan total biaya kombinasi kanban sebesar Rp. 188.522,43.

6.2 SARAN

Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan data real dari perusahaan manufaktur dengan terlebih dahulu mensimulasikannya dikomputer sebelum diaplikasikan dalam *shop floor*.

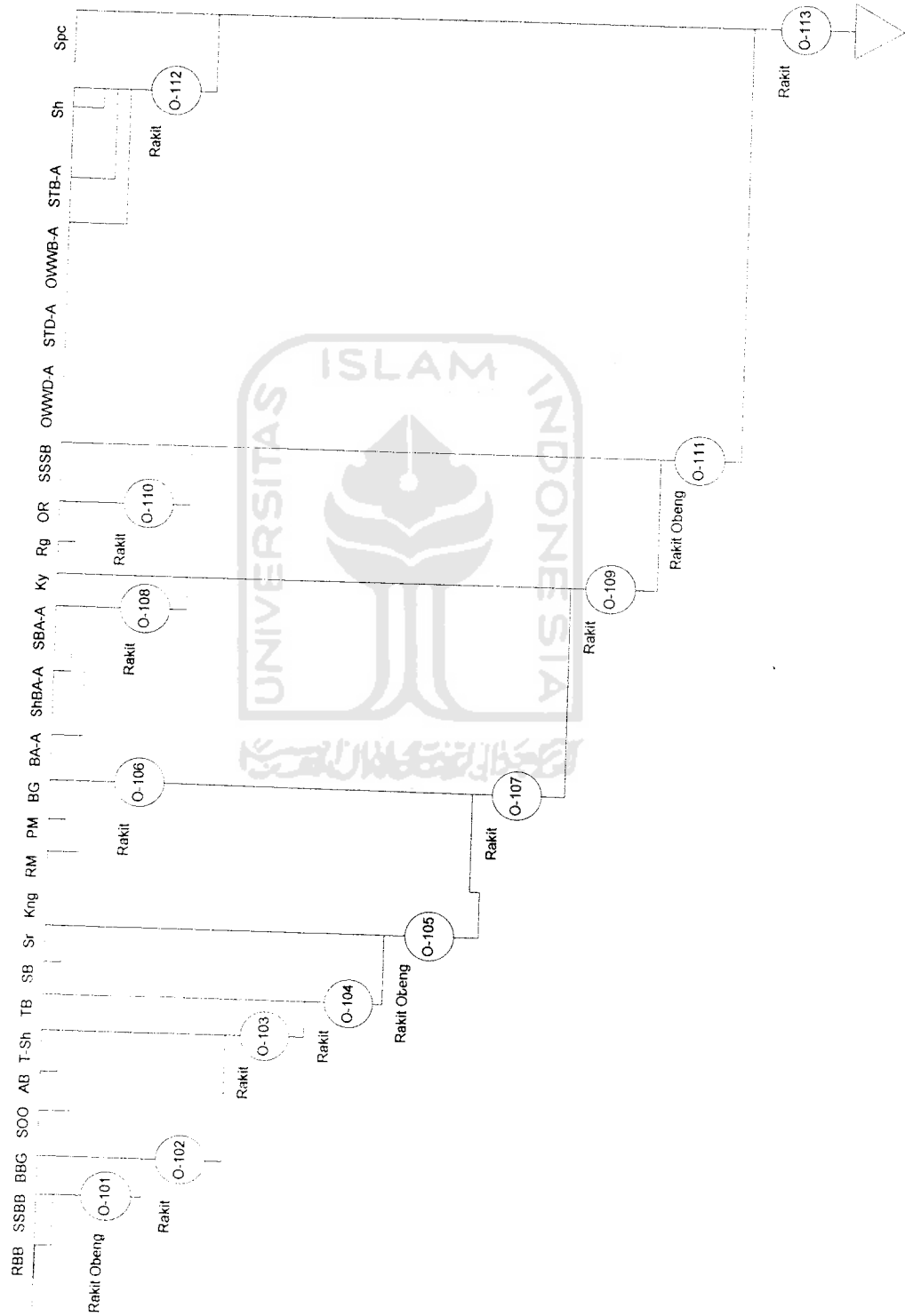
DAFTAR PUSTAKA

- Askin, R.G., M.G. Mitwasi dan J.B. Goldberg (1993). "*Determining The Number of Kanban in Multi Item Just in Time System.*" IIE Transact 25(1): 89-98
- Aytug, H., C.A Dogan, dan G. Bezmez (1996). *Determining the Number of Kanbans : a Simulation Metamodelling Approach*. Simulation, 67(1): 23-32
- Dengiz, B and Albas Cigdem. 2000. "*Simulation Optimization Using Tabu Search. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference.*" Eds. J./A Joines, R.R. Barton, K. Kang and P.A. Fishwick.
- Fukukawa, T., dan S-C. Hong (1993). "*The Determination of The Optimum Number of Kanbans in A Just in Time Production System.*" Computer and Industrial Engineering, 24(4) : 551-559.
- Gaspersz, Vincent. 1997. "*Manajemen Kualitas Penerapan Konsep-Konsep Kualitas Dalam Manajemen Bisnis Total*", Jakarta : PT Gramedia Utama.
- Gaspersz, Vincent. 1998. "*Production Planning and Inventory Control.*" Jakarta: Gramedia.
- Hurion, R.D. (1997). "*An Example of Simulation Optimization Using Neural Network Metamodel : Finding The Optimum Number of Kanbans in A Manufacturing System.*" Journal of Operational Research Society, 48: 1105-1112.
- Kusuma, Sari W., 2006. "*Optimalisasi Jumlah Kanban Berdasarkan Total Biaya Kombinasi Kanban Minimal Dengan Metode Linear Programming (Studi Kasus Di Laboratorium Sistem Produksi FTI UII)*", Universitas Islam Indonesia.
- Muckstadt, J.A dan dan S.R. Tayur (1995). "*A Comparison of Alternative Kanban Control Mechanism: I. Background and Structural Result.*" IIE Transactions, 27(2): 140-150.
- Monden, Yasuhiro. 1995. "*Sistem Produksi Toyota - Suatu Rancangan Terpadu Untuk Penerapan Just-In-Time,*" Buku Pertama, Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.

- Monden, Yasuhiro, 1995. *"Sistem Produksi Toyota - Suatu Rancangan Terpadu Untuk Penerapan Just-In-Time,"* Buku Kedua. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- Oktarini, Mia. 2006. *"Optimasi Jumlah Kanban Untuk Minimasi Biaya Total Kombinasi Kanban Menggunakan Tabusearch (Studi Kasus Di Laboratorium Sistem Produksi FTI UII),"* Universitas Islam Indonesia.
- Saleh, Chairul, 2005. *"Optimasi Jumlah Kanban Dalam Sistem JIT."*
- Sundana, 2006. *"Optimalisasi Jumlah Kanban Dalam Sistem Jit Menggunakan Pendekatan Algoritma Genetika (Studi Kasus Di Laboratorium Sistem Produksi FTI UII),"* Universitas Islam Indonesia.
- Wang, H., and H. Wang (1991). *"Optimum Number of Kanbans Between Two Adjacent Works."*
- Yudha, Della A., 2006 *"Optimasi Jumlah Kanban Untuk Minimasi Biaya Total Kombinasi Kanban Menggunakan Algoritma immune (Studi Kasus Di Laboratorium Sistem Produksi FTI UII),"* Universitas Islam Indonesia.
- Umbara, Rahmat., 2006 *"Analisis Model Penggabungan Sistem Manufaktur Multistage Tekan-Tarik Menggunakan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus Di CV Lestari Jati),"* Jogjakarta.
- Hardiansyah, Deden., 2005 *"Analisis Model Penggabungan Sistem Manufaktur Bertingkat Tekan/Tarik dengan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus Di CV Lestari Jati),"* Jogjakarta.

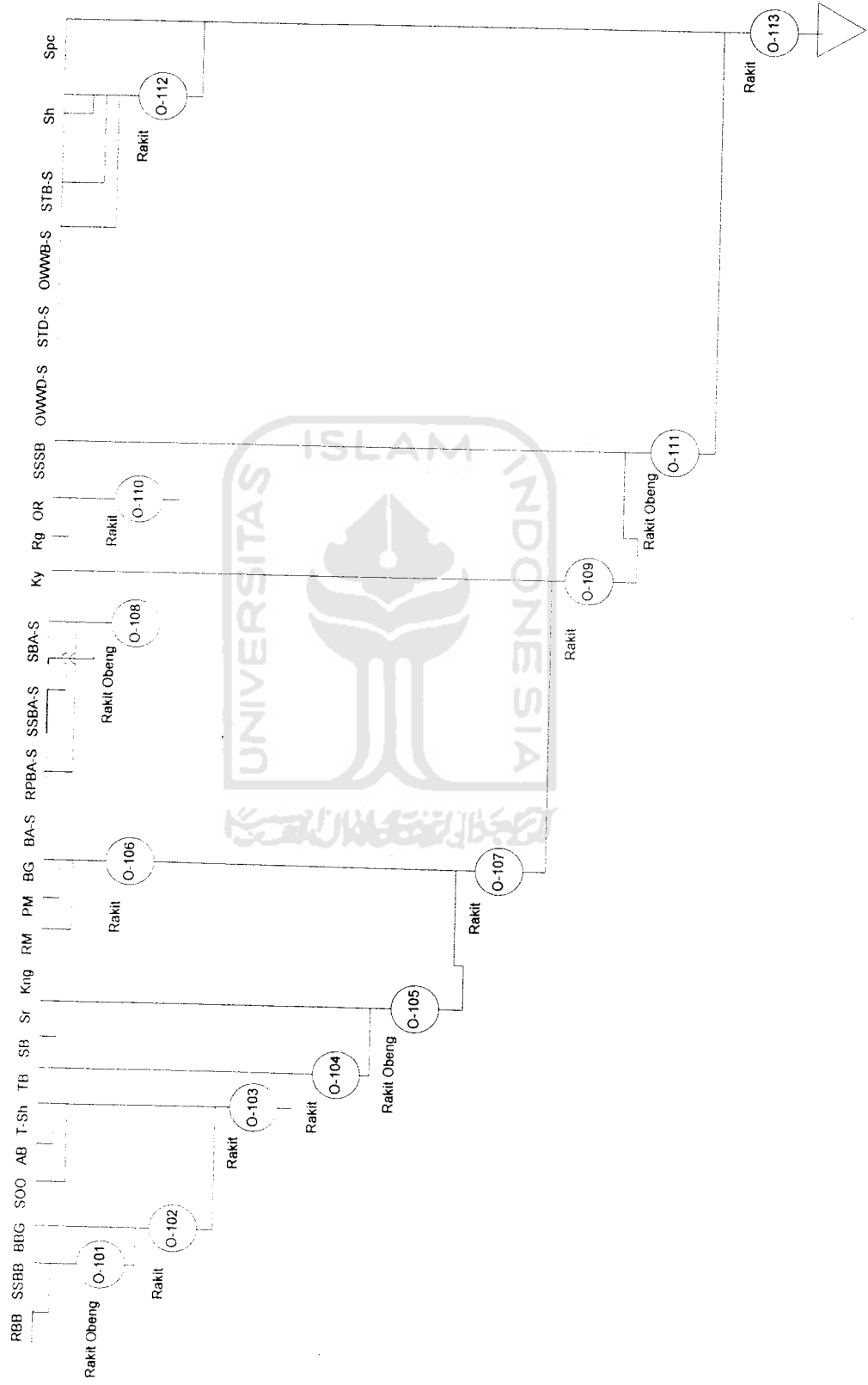
OPERATION PROCESS CHART

NAMA PRODUK : TAMIYA ASTUTE
 DIPETAKAN OLEH : DEFITO ARDINAPURI
 T/ NGGAL DIPETAKAN : 20 NOVEMBER 2006

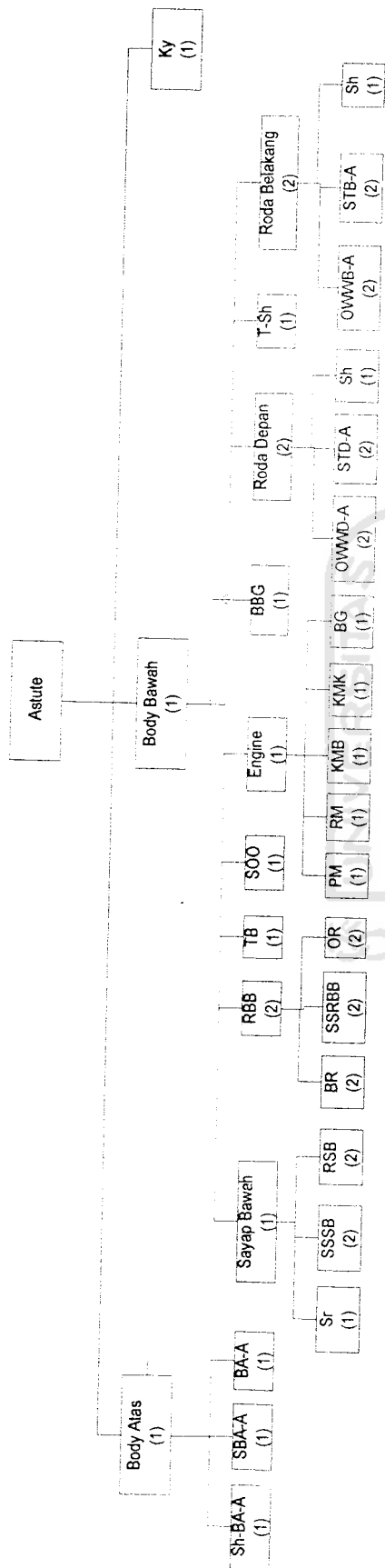


OPERATION PROCESS CHART

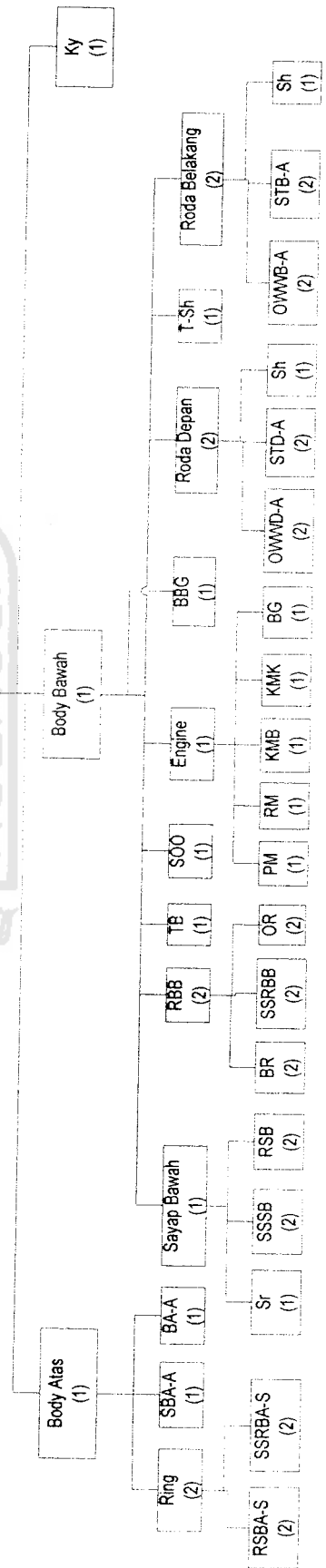
NAMA PRODUK : TAMIYA SONIC
 DIPELAKAN OLEH : DEFITO ARDINAPURI
 TANGGAL DIPETAKAN : 20 NOVEMBER 2006



Bill Of Material Astute



Bill Of Material Sonic



General for coba baru (Avg. of 32 replications)

Name Value

Model Path/File D:\DATA de Fito\TA Ku\TA-FITO\FIXED.MOD

Model Title optimasi jumlah kanban

Run Date/Time 1/29/2007 5:52:19 PM

Locations for coba baru (Avg. of 32 replications)

Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
CONVEYOR1	480.00	999999.00	272.38	26.83	15.22	18.00	18.00	81.19
CONVEYOR2	480.00	999999.00	300.44	31.55	19.74	40.00	39.78	48.85
CONVEYOR3	480.00	999999.00	308.97	0.46	0.29	4.31	0.31	3.93
PC STORE	480.00	344.00	489.97	314.79	321.28	344.00	344.00	93.39
RECEIVING	480.00	344.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SK 1	480.00	172.00	444.16	166.67	154.21	172.00	171.78	99.66
SK 2	480.00	43.00	343.31	58.61	41.92	43.00	42.88	97.48
SK 3	480.00	43.00	351.78	57.14	41.87	43.00	42.81	97.38

Location States Multi for coba baru (Avg. of 32 replications)

Name	Scheduled Time (MIN)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
CONVEYOR1	480.00	11.46	88.54	0.00	0.00
CONVEYOR2	480.00	12.20	87.80	0.00	0.00
CONVEYOR3	480.00	76.24	23.76	0.00	0.00
PC STORE	480.00	0.21	26.10	73.69	0.00
RECEIVING	480.00	100.00	0.00	0.00	0.00
SK 1	480.00	0.21	50.21	49.58	0.00
SK 2	480.00	0.21	15.71	84.08	0.00
SK 3	480.00	0.21	18.51	81.28	0.00

Resources for coba baru (Avg. of 32 replications)

Name	Units	Scheduled Time (MIN)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Tra...	% Utilization
Kumbang Putar	1.00	480.00	145.97	0.84	0.46	0.93	0.00	39.63
OPERATOR1	1.00	480.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OPERATOR2	1.00	480.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OPERATOR3	1.00	480.00	272.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OPERATOR4	1.00	480.00	554.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OPERATOR5	1.00	480.00	569.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resource States for coba baru (Avg. of 32 replications)

Name	Scheduled Time (MIN)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
Kumbang Putar	480.00	25.60	14.03	16.37	44.00	0.00
OPERATOR1	480.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
OPERATOR2	480.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
OPERATOR3	480.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
OPERATOR4	480.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
OPERATOR5	480.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00

Node Entries for coba baru (Avg. of 32 replications)

Path Name	Node Name	Total Entries	Blocked Entries
Net1	N1	84.34	0.00
Net1	N2	218.06	0.00
Net1	N3	230.19	0.00
Net1	N4	132.63	0.00
Net1	N5	48.13	0.00

Failed Arrivals for coba baru (Avg. of 32 replications)

Entity Name	Location Name	Total Failed
Astute1	SK 1	237.91
Astute1	PC STORE	288.47
Astute2	SK 2	458.94
Astute2	PC STORE	419.09
Astute3	SK 3	456.88
Astute3	PC STORE	419.50
Sonic1	SK 1	325.91
Sonic1	PC STORE	419.97
Sonic2	SK 2	459.78
Sonic2	PC STORE	420.00
Sonic3	SK 3	459.13
Sonic3	PC STORE	420.00

Entity Activity for coba baru (Avg. of 32 replications)

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Wait For Res (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Astute1	0.00	301.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Astute2	0.00	81.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Astute3	153.41	57.19	235.25	0.42	65.88	165.80	3.16
Kanban Produksi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kanban Withdrawal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sonic1	0.00	90.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sonic2	0.00	72.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sonic3	155.25	57.31	233.86	0.42	64.94	165.13	3.38

Entity States for coba baru (Avg. of 32 replications)

Name	% In Move Logic	% Wait For Res	% In Operation	% Blocked
Astute1	0.00	0.00	0.00	0.00
Astute2	0.00	0.00	0.00	0.00
Astute3	0.18	28.00	70.48	1.34
Kanban Produksi	0.00	0.00	0.00	0.00
Kanban Withdrawal	0.00	0.00	0.00	0.00
Sonic1	0.00	0.00	0.00	0.00
Sonic2	0.00	0.00	0.00	0.00
Sonic3	0.18	27.77	70.61	1.44