



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI
MACHINING BODY CALIPER DAN SUPPORT MOUNTING
D38A DI PT. TRI DHARMA WISESA DENGAN BANTUAN
SIMULASI PROMODEL**

SKRIPSI

M. RIDWAN ZAENI

06 06 044 120

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
JAKARTA
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI
MACHINING BODY CALIPER DAN SUPPORT MOUNTING
D38A DI PT. TRI DHARMA WISESA DENGAN BANTUAN
SIMULASI PROMODEL**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

M. RIDWAN ZAENI

06 06 044 120

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
JAKARTA
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

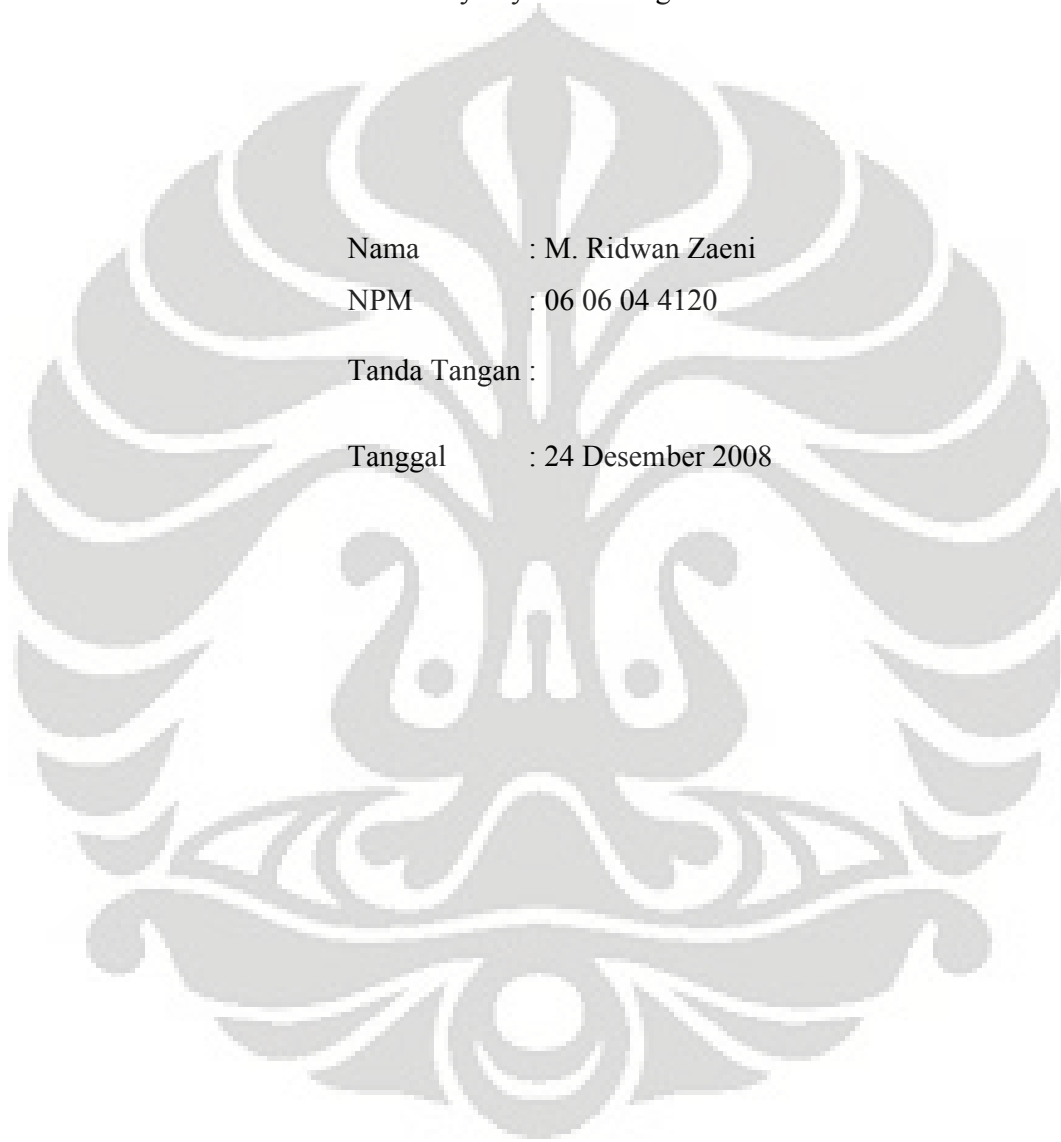
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : M. Ridwan Zaeni

NPM : 06 06 04 4120

Tanda Tangan :

Tanggal : 24 Desember 2008



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : **M. RIDWAN ZAENI**

NPM : **06 06 04 4120**

Program Studi : **TEKNIK INDUSTRI**

Judul Skripsi :

**ANALISA PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI MACH. BODY CALIPER
DAN SUPPORT MOUNTING D38A DI PT. TRI DHARMA WISESA
DENGAN BANTUAN SIMULASI PROMODEL**

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima
sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Indonesia**

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Armand Omar Moeis, S.T., M.Sc. (_____)

Penguji : Ir. Isti Surjandari, MT, MA, Ph.D (_____)

Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE (_____)

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, MSi (_____)

Ditetapkan di : Jakarta, Indonesia

Tanggal : 24 Desember 2008

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan kasih sayang-Nya yang begitu besar sehingga skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Armand Omar Moeis, S. T., M. Sc. selaku dosen pembimbing skripsi atas bantuan dan pengarahan yang diberikan.
2. Bpk. Arif Gusman, selaku pengarah dan pembimbing dalam pencarian data di perusahaan besar PT.Tri Dharma Wisesa.
3. Mama dan Bapak tersayang, Istriku tercinta, adik-adiku senni dan sarah, Bapak dan ibu mertua yang saya cintai, terima kasih semua atas dukungannya
4. Rondi yang membantu penulis dalam formulasi model.
5. Egi dan Husdalina yang senantiasa member semangat dalam penulisan ini.
6. Seluruh dosen pengajar dan karyawan Departemen Teknik Industri UI.

Salemba, 24
Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **M. Ridwan Zaeni**
NPM : **0606044120**
Program Studi : **Teknik Industri**
Departemen : **Teknik Industri**
Fakultas : **Teknik**
Jenis karya : **Skripsi/Tesis/Disertasi**

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISA PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI MACHINING
BODY CALIPER DAN SUPPORT MOUNTING D38A DI PT. TRI
DHARMA WISESA DENGAN BANTUAN
SIMULASI PROMODEL**

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di **Jakarta**
Pada tanggal **24 Desember 2008**

Yang menyatakan

(M. Ridwan Zaeni)

ABSTRAK

Nama : **M. Ridwan Zaeni**
Program Studi : **Teknik Industri**
Judul :

**ANALISA PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI MACHINING
BODY CALIPER DAN SUPPORT MOUNTING D38A DI PT. TRI
DHARMA WISESA DENGAN BANTUAN
SIMULASI PROMODEL**

Skripsi ini membahas mengenai peningkatan kapasitas produksi machining pada perusahaan pembuat komponen otomotif PT. Tri Dharma Wisesa. Produk yang dibuat di perusahaan ini diantaranya adalah Body Caliper dan Support Mounting. Dimana proses machining Body Caliper dan Support Mounting tipe D38A dilakukan di Line Machining yang sama dengan tiga tipe lain yaitu tipe APV, Tipe F500, dan Tipe KZ. Peningkatan kapasitas setiap bulannya terus bertambah, dan pada akhirnya akan mengakibatkan kapasitas produksi di Line Machining tersebut berada pada level maksimum. Pada level ini apabila terdapat peningkatan maka proses yang terjadi sudah tidak normal lagi. Artinya apabila tidak segera ditindaklanjuti maka pemborosanlah yang akan terjadi. Pemborosan seperti over time operator yang diakibatkan oleh perencanaan yang kurang tepat, biaya overhead bertambah seiring dengan adanya over time, atau biaya dari penyimpanan yang tidak pada tempatnya, dll. Untuk mengantisipasi kenaikan kapasitas produksi, perusahaan dapat mengantisipasi dengan berbagai macam cara sehingga target produksi dapat tercapai. Ada tiga jenis pendekatan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan seperti ini yaitu riset operasi, eksperimen langsung di line machining, dan pendekatan simulasi model. Pendekatan eksperimen langsung di lapangan tidak digunakan karena mahal dan bersifat merusak sistem meskipun cara ini yang paling akurat. Pendekatan riset operasi tidak pula digunakan karena cara ini tidak mudah diaplikasikan pada banyak keadaan. Sedang pendekatan simulasi model digunakan karena cara ini yang paling fleksibel untuk mengetahui performa sistem dan memudahkan analisis model yang kompleks.

Kata kunci:

Peningkatan kapasitas, Machining, Simulasi, Pro Model.

ABSTRACT

Nama : **M. Ridwan Zaeni**
Program Studi : **Teknik Industri**
Judul :

PRODUCTION CAPACITY ANALYSIS OF MACHINING BODY CALIPER AND SUPPORT MOUNTING D38A AT PT. TRI DHARMA WISESA WITH PROMODEL SIMULATION

This study describing about production capacity increased at PT. Tri Dharma Wisesa as an automotive component industry. Which the product of the company made is Body Caliper and Support Mounting. The machining of Body Caliper and Support Mounting with type of D38A was in the same machining line with other three type APV, F500 and KZ. The production capacity increased every month, and in the end it will caused the production capacity level at the maximum level. In this level, there will be abnormal process if there was an increased capacity. It means that, there will be a wasted. Waste like operator overtime that caused by unpredicted planning, the increased of overhead cost which's caused by overtime, or other cost from storage activity, etc. To anticipate the production increased, the company can do anything to achieve the target of production. There were three approaches which company can do to solve the problems, likes using Operation Research, trying experiment on the machining line at that time, or using model simulation. Trying experiment on the machining line was not chosen because of expensive and it's like ruin the system, even if this is the accurate way to do. Trying operation research is not chosen to caused by there was it can't applicable at any situation. And using the model simulation, because it's the flexible way to help analyze and know the performance of the system it self.

Keywords:

Increasing production capacity, Machining, Simulation, Pro Model.

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Diagram keterkaitan masalah.....	4
1.3 Rumusan permasalahan.....	5
1.4 Tujuan penelitian.....	5
1.5 Metodologi penelitian.....	5
1.7 Sistematika penulisan.....	8
2. DASAR TEORI.....	10
2.1 Pemodelan sistem.....	10
2.1.1 Sistem.....	10
2.1.1.1 Kompleksitas sistem.....	11
2.1.1.2 Metrik performa sistem.....	11
2.1.2 Simulasi.....	13
2.1.2.1 Tipe dari simulasi.....	13
2.1.3 Verifikasi dan Validasi.....	17
2.2 IDEF 0.....	18
2.3 Teori Antrian.....	21
2.4 Statistik.....	23

2.4.1 Sampling	23
2.4.2 Uji kecukupan data	24
2.4.3 Distribusi.....	25
2.4.3.1 Distribusi Eksponensial.....	25
2.4.3.2 Distribusi Gamma.....	26
2.4.3.3 Distribusi Erlang.....	27
2.4.3.4 Distribusi Normal	28
2.4.3.5 Distribusi Binomial	28
2.4.3.6 Distribusi Poisson.....	29
2.4.4 Distribusi Fitting.....	30
2.4.4.1 Tes anderson darling	30
2.4.4.2 Tes kolmogorov sminov	31
2.4.3.3 Tes Chi Square	31
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	33
3.1 Produk disc brake D38A	33
3.2 Flow proses disc brake D38A	35
3.3 Forecast disc brake D38A	37
3.5 Urutan proses machining di sel 3	38
3.6 Layout line machining sel 3	40
3.7 Standard work chart.....	41
3.7.1 Standard work chart machining body caliper sel 3	41
3.7.2 Standard work chart machining support mounting sel 3	41
3.8 Operator machining sel 3	42
3.8.1 Operator machining body caliper 1.....	42
3.8.2 Operator machining body caliper 2.....	43
3.8.3 Operator machining support mounting	44
3.9 Data proses machine time sel 3	46
3.10 Waktu operasi machining sel 3	47
3.11 Data 40 cycle sel 3.....	48
3.11.1 Data 40 cycle tipe BC D38A	48
3.11.2 Data 40 cycle tipe SM D38A.....	51
3.11.3 Data 40 cycle tipe BC APV	53
3.11.4 Data 40 cycle tipe SM APV	55

3.11.5 Data 40 cycle tipe BC KZ	57
3.11.6 Data 40 cycle tipe SM KZ	59
3.12 Waktu dandory	61
4. PEMODELAN DAN EKSPERIMEN	62
4.1 Tujuan pembuatan model	62
4.2 Formulasi model.....	62
4.2.1 Location	62
4.2.2 Entities	64
4.2.3 Path Network	64
4.2.4 Resource.....	66
4.2.5 Processing	66
4.2.6 Arrivals	67
4.2.7 Shift.....	67
4.2.8 Attributes.....	68
4.2.9 Variables	68
4.3 Verifikasi dan Validasi model.....	69
4.3.1 Verifikasi Model	69
4.3.2 Validasi Model	70
4.3 Simulasi dan analisa model	70
4.4 Skenario dan pemodelan	70
5. KESIMPULAN	73
DAFTAR REFERENSI.....	74

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Chart Fix and Tentative Order D38A – Nov 2008	1
Gambar 1.2 Diagram keterkaitan masalah	4
Gambar 1.3 Metodologi penelitian.....	7
Gambar 2.1 Elemen dari sistem	10
Gambar 1.2 Contoh dari (a) simulasi deterministic (b) simulasi tochastic	14
Gambar 2.3 Perbandingan antara perubahan kontinyu dan diskrit	15
Gambar 2.4 Gambaran umum dari pembuatan model	16
Gambar 2.5 IDEF 0	19
Gambar 2.6 Struktur dekomposisi IDEF0	20
Gambar 2.7 Sistem antrian	21
Gambar 2.8 Grafik distribusi eksponensial	26
Gambar 2.9 Grafik distribusi gamma	27
Gambar 2.10 Grafik distribusi erlang.....	27
Gambar 2.11 Grafik distribusi normal	28
Gambar 2.12 Grafik distribusi binomial.....	29
Gambar 2.13 Grafik distribusi poisson	30
Gambar 3.1 Sistem rem mobil.....	33
Gambar 3.2 Produk assy brake caliper D38A	33
Gambar 3.3 Gambar detail brake caliper D38A	34
Gambar 3.4 Flow proses brake caliper D38A	35
Gambar 3.5 Flow material body caliper dan support mounting.....	36
Gambar 3.6 Fix and Tentative order D38A – Des 2008.....	37
Gambar 3.7 Chart Fix and Tentative order D38A – Des 2008.....	38
Gambar 3.8 Layout machining sel 3	40
Gambar 3.9 SWC Machining body caliper	41
Gambar 3.10 SWC Machining support mounting.....	41
Gambar 3.11 Distribusi BC D38A	49
Gambar 3.12 Chart 40 Cycle BC D38A.....	50
Gambar 3.13 Distribusi SM D38A.....	51
Gambar 3.14 Chart 40 Cycle SM D38A	52

Gambar 3.15 Distribusi BC APV	53
Gambar 3.16 Chart 40 Cycle BC APV.....	54
Gambar 3.17 Distribusi SM APV.....	55
Gambar 3.18 Chart 40 Cycle SM APV	56
Gambar 3.19 Distribusi BC KZ.....	57
Gambar 3.20 Chart 40 Cycle BC KZ	58
Gambar 3.21 Distribusi SM KZ	59
Gambar 3.22 Chart 40 Cycle SM KZ.....	60
Gambar 3.23 Distribusi dandory sel 3.....	61
Gambar 4.1 Layout machining sel 3	63
Gambar 4.2 SWC operator machining body caliper	65
Gambar 4.3 SWC operator machining support mounting.....	65
Gambar 4.4 Waktu kerja operator machining sel 3	68
Gambar 4.1	60

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Jenis probability sampling.....	23
Tabel 2.2 Jenis probability sampling.....	24
Tabel 3.2 Data machine time sel 3	47
Tabel 3.3 40 Cycle body caliper D38A.....	48
Tabel 3.4 40 Cycle support mounting D38A	51
Tabel 3.5 40 Cycle body caliper APV.....	53
Tabel 3.6 40 Cycle support mounting APV	55
Tabel 3.7 40 Cycle body caliper KZ	57
Tabel 3.8 40 Cycle support mounting KZ.....	59
Tabel 3.9 Rekapitulasi waktu dandory sel 3	61
Tabel 4.1 Machine time proses machining sel 3	66
Tabel 4.2 Schedule machining sel 3.....	71

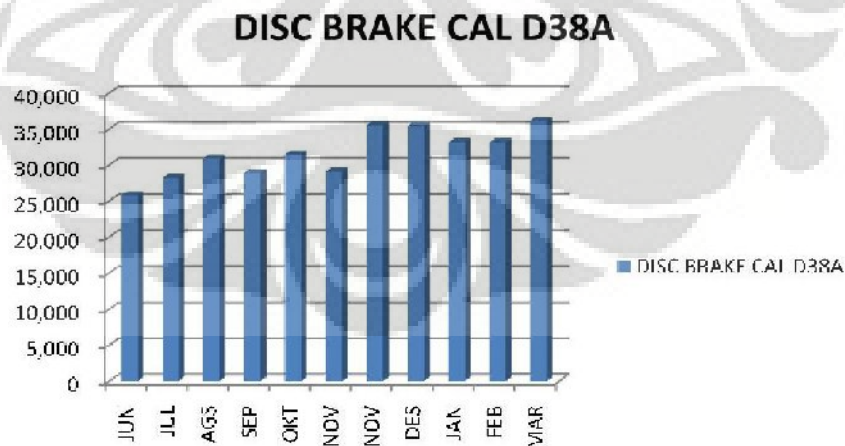
BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Persaingan yang ketat antar industri manufaktur di bidang otomotif diiringi dengan permintaan konsumen yang semakin tinggi tiap tahunnya, membuat para industri otomotif harus melakukan penghematan di segala bidang agar mendapatkan biaya produksi yang optimal sehingga akan didapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya. Tanpa mengurangi kualitas, para industri otomotif melakukan *cost reduction* mulai dari memodifikasi proses, memodifikasi urutan kerja, hingga memodifikasi layout.

Berbagai macam cara diterapkan oleh para pelaku industri manufaktur agar mencapai keuntungan yang sebesar-besarnya. Apakah itu perbaikan di sistem internal perusahaan seperti penyimpanan *warehouse*, pengaturan waktu kerja operator, dll. Atau perbaikan di sistem eksternal perusahaan itu sendiri, seperti pemilihan suplier pembuat spare part, pengaturan delivery para suplier, dll.

PT. Tri Dharma Wisesa adalah salah satu perusahaan pembuat komponen otomotif di Indonesia. Pada tahun 2008 di bulan November, permintaan pembuatan Body Caliper tipe D38A mengalami peningkatan sebesar 12,76% dari bulan Oktober.



Gambar 1.1 Chart Fix and Tentative order D38A - Nov 2008

(Sumber: Departemen sales PT.TDW)

Dari chart diatas, dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan untuk produksi di PT.TDW pada bulan November dan Desember. Dimana pada bulan Oktober, permintaan produksi D38A sebesar 31500 unit mengalami kenaikan pada bulan November menjadi 35520 unit dan bulan Desember sebesar 35448 unit. Peningkatan sebesar 12,76% di lini produksi adalah suatu aktifitas yang perluantisipasi dan perencanaan yang matang, karena apabila tidak diantisipasi selain delivery menjadi tidak terkontrol, biaya operasional produksi akan bertambah dikarenakan banyak hal seperti Overtime tinggi, Over Head produksi tinggi, dll.

Untuk mengantisipasi kenaikan kapasitas produksi, perusahaan dapat mengantisipasi dengan berbagai macam cara sehingga target produksi dapat tercapai. Ada tiga jenis pendekatan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan seperti ini yaitu riset operasi, eksperimen langsung di lapangan, dan simulasi model. Pendekatan eksperimen langsung di lapangan tidak digunakan karena mahal dan bersifat merusak sistem meskipun cara ini yang paling akurat. Pendekatan riset operasi tidak pula digunakan karena cara ini tidak mudah diaplikasikan pada banyak keadaan. Sedang pendekatan simulasi model digunakan karena cara ini yang paling fleksibel untuk mengetahui performa sistem dan memudahkan analisis model yang kompleks. Selain itu, simulasi memungkinkan dilakukannya berbagai eksperimen tanpa harus takut gagal atau menghabiskan biaya seperti kecenderungan yang melekat pada pendekatan eksperimen langsung di lapangan. Simulasi juga memungkinkan peneliti melakukan uji skenario dan analisis sensitivitas dengan memasukkan berbagai parameter *input* untuk mengetahui metrik performa sistem.¹ Pendekatan simulasi sangat tepat digunakan untuk memodelkan proses-proses sistem dinamis. Sistem dinamis merupakan pendekatan solutif untuk suatu yang sistem yang kompleks yang dapat digunakan untuk melihat pengaruh faktor-faktor yang berhubungan dan mengidentifikasi pola-pola penyebab perubahan perilaku pada sistem yang sedang diamati.² Jadi pendekatan yang dipakai dalam penelitian ini adalah

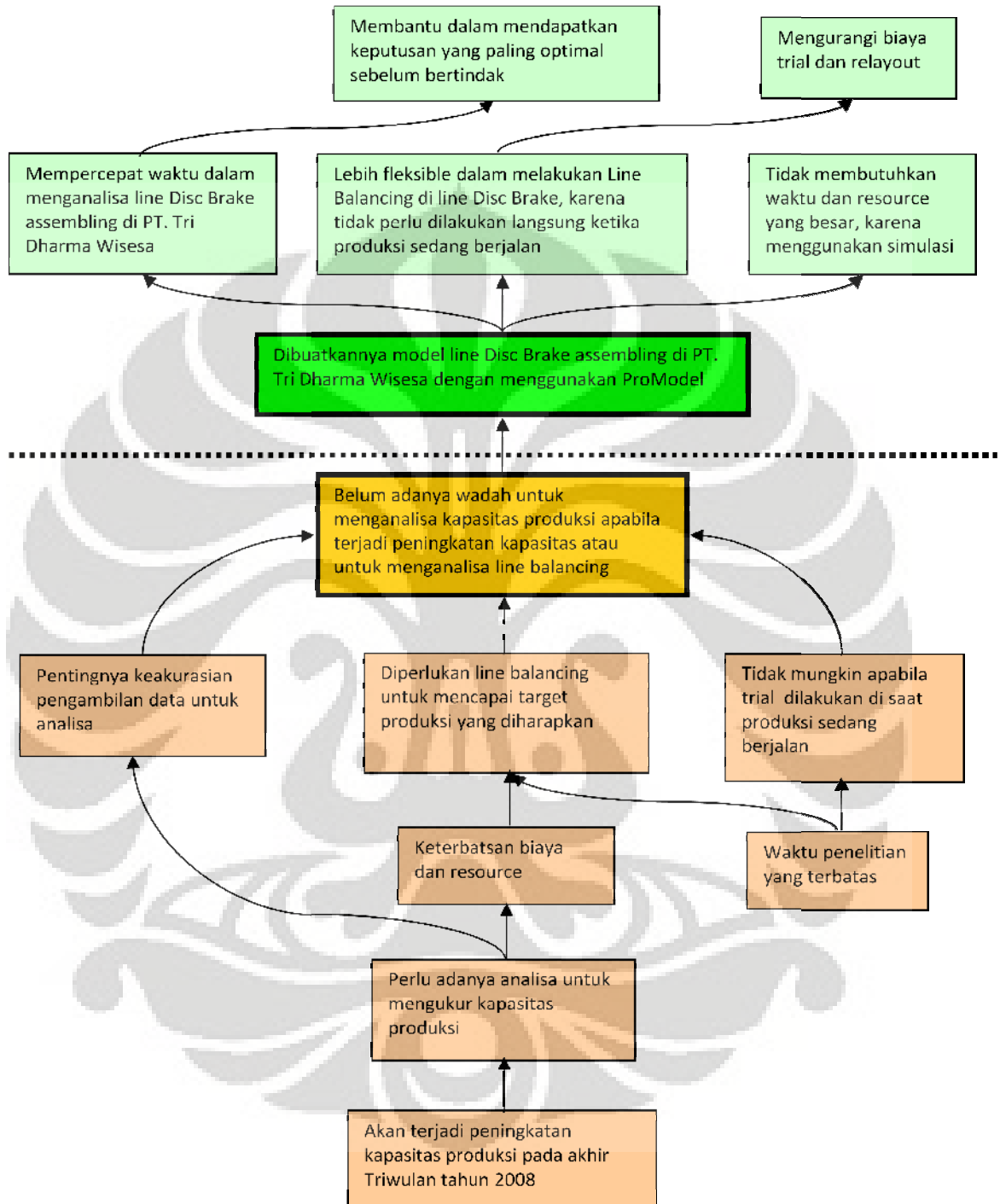
¹ B. Sadoun, "Optimizing the Operation of A Toll Plaza System Using Simulation: A Methodology", dalam *Simulation*, Vol. 81, Issue 9, Al-Balqa' Applied University, Al-Salt, 2005.

² A. Greasley, "Using System Dynamics in A Discrete-Event Simulation Study of A Manufacturing Plant", dalam *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 25, 2005, Hal. 540.

penggunaan simulasi komputer yaitu perangkat lunak ProModel untuk mensimulasikan model machining body caliper dan support mounting D38A.



1.2 DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH



Gambar 1. 2 Diagram keterkaitan masalah

1.3 RUMUSAN PERMASALAHAN

Melihat semakin meningkatnya permintaan dari vendor PT.TDW akan produk Disc Brake Caliper D38A pada bulan November, dan masih terdapat kemungkinan akan adanya peningkatan kembali pada tiga bulan berikutnya. Maka diperlukan suatu model machining body caliper dan support mounting D38A dalam membantu mengantisipasi kemungkinan terjadinya peningkatan kapasitas.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah memperoleh pendekatan simulasi pada *Line Mach. Body Caliper* dan *Support Mounting D38A* melalui bantuan *software ProModel* sehingga didapatkan situasi yang paling optimal untuk membantu perencana dan pengembang dalam memutuskan tindakan yang tepat untuk mencapai target produksi.

1.5 RUANG LINGKUP PENELITIAN

Fokus penelitian yang akan dilakukan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Proses yang dimodelkan adalah proses-proses yang termasuk dalam line *Mach. Body Caliper* dan *Support Mounting D38A*.
2. Penelitian tidak membahas perhitungan biaya operasional maupun investasi mesin dan material.
3. Perancangan model yang dilakukan hanya sebatas simulasi menggunakan perangkat lunak komputer, *ProModel 6.0*.

1.6 METODOLOGI PENELITIAN

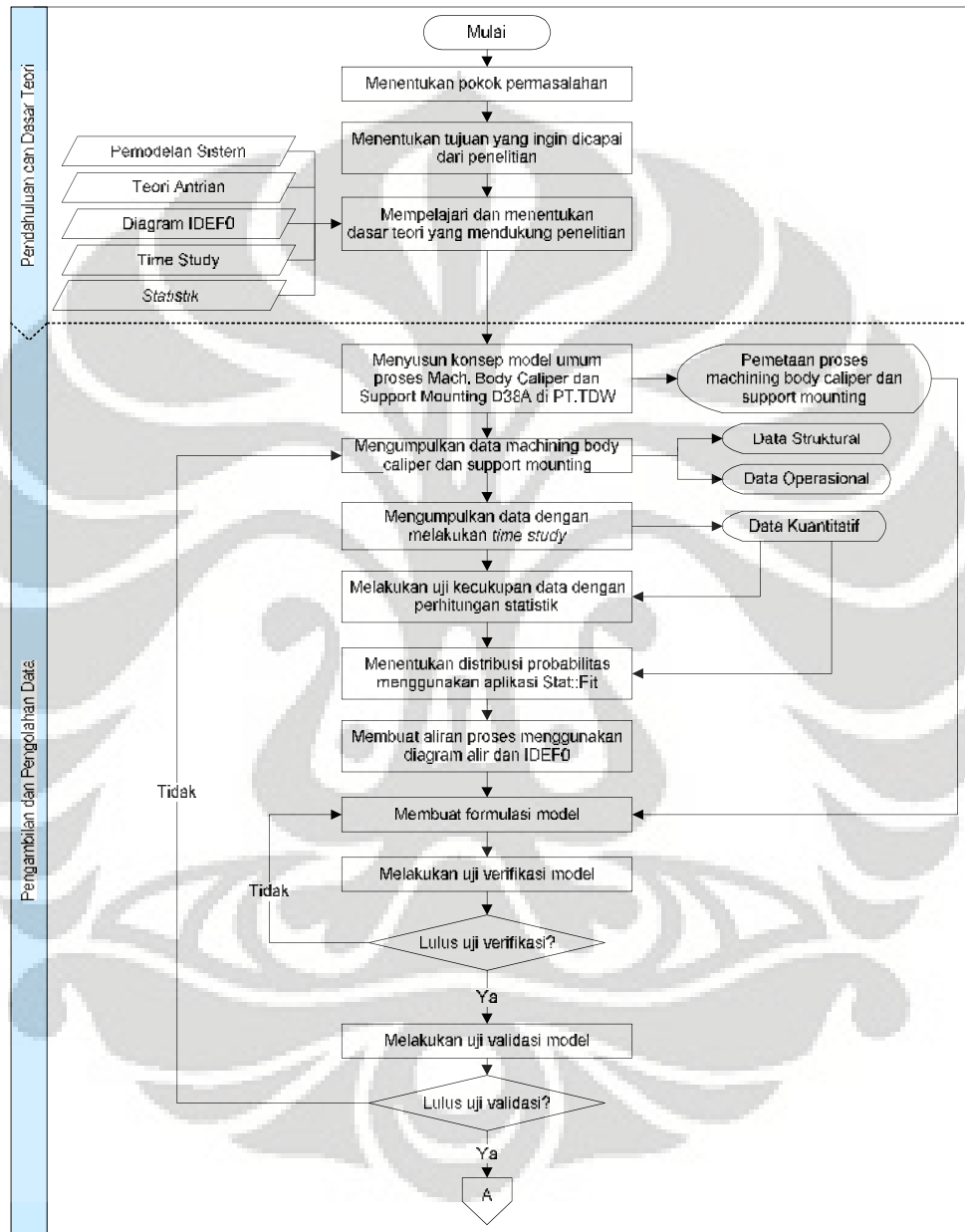
Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Menentukan pokok permasalahan yang akan menjadi topik penelitian bersama pembimbing skripsi.
2. Menentukan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian yang dilakukan.
3. Mempelajari dan menentukan dasar teori yang mendukung penelitian. Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pemodelan sistem, Teori antrian, Diagram IDEF0, *time study*, dan Statistik. Sumber-sumber yang digunakan diperoleh dari buku dan artikel.

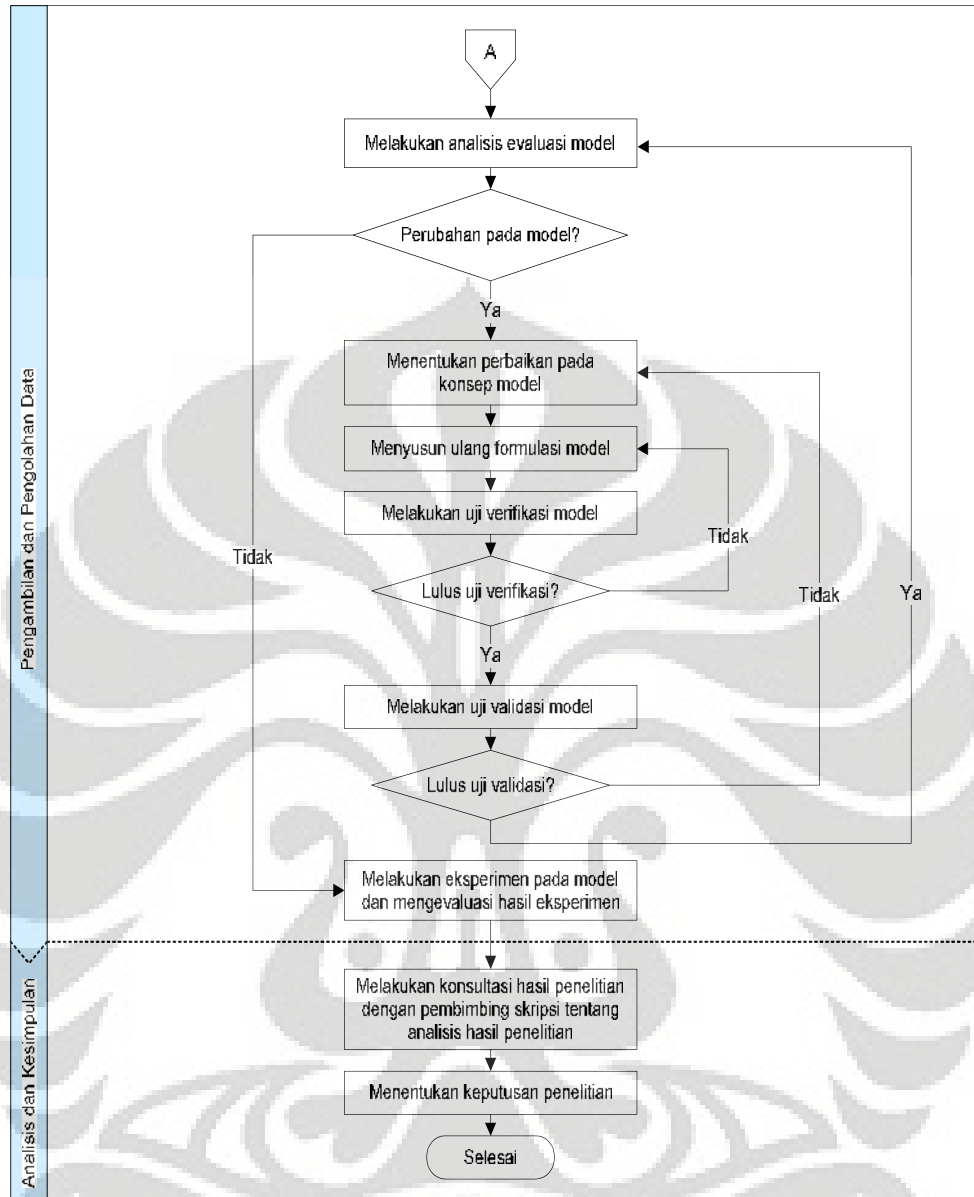
4. Menyusun konsep model umum proses Mach. Body Caliper dan Support Mounting D38A di PT.TDW.
5. Mengumpulkan data struktural dan operasional Machining Body caliper D38A antara lain *layout* pabrik dan prosedur operasi.
6. Mengumpulkan data kuantitatif waktu setiap tahap operasi machining Body caliper dan Support mounting D38A menggunakan metode *time study*.
7. Melakukan uji kecukupan data pada data kuantitatif yang diperoleh menggunakan perhitungan statistik.
8. Menentukan distribusi probabilitas yang sesuai untuk data kuantitatif yang dikumpulkan menggunakan aplikasi Stat.:Fit pada ProModel.
9. Membuat aliran proses machining Body caliper D38A dalam bentuk diagram alir dan IDEF0.
10. Membuat formulasi model berdasarkan konsep model umum dan data yang dikumpulkan, menggunakan ProModel.
11. Melakukan uji verifikasi terhadap model yang telah dibuat dengan:
 - a. *Tracking* rute dan aliran/proses entitas dalam sistem.
 - b. Memperhatikan jumlah material yang dihasilkan dari proses perakitan.
 - c. Mengamati nilai-nilai variabel yang digunakan pada model.
 - d. Menjalankan simulasi selama beberapa periode untuk mengecek kredibilitas model.
12. Melakukan uji validasi dengan membandingkan *layout* model dan *layout* produksi assy brake caliper D38A untuk mengecek kesesuaian antara model dan kondisi sebenarnya.
13. Melakukan analisis evaluasi terhadap model yang disimulasikan.
14. Jika dibutuhkan, menentukan perubahan-perubahan yang dilakukan terhadap model dengan memperbaiki formulasinya kemudian melakukan uji verifikasi dan validasi ulang untuk mengetahui pengaruh perbaikan, untuk mendapatkan model yang tepat demi tercapainya tujuan penelitian.
15. Melakukan uji eksperimen pada model dan mengevaluasi hasilnya.

16. Melakukan diskusi dengan pembimbing skripsi mengenai analisis hasil penelitian.

17. Menentukan keputusan penelitian yang dilakukan.



Gambar 1.3 Metodologi penelitian



Gambar 1.3 Metodologi penelitian (lanjutan)

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk memudahkan pembaca memahami penelitian yang dilakukan maka pembahasan penelitian ini dibagi dalam lima bab yang disusun menurut urutan waktu pengerjaan dari awal hingga akhir yaitu pendahuluan, dasar teori, pengumpulan dan pengolahan data, pembuatan model dan eksperimen, dan kesimpulan dan saran. Penjabaran alasan dilakukannya penelitian ini,

permasalahan yang dihadapi, tujuan yang ingin dicapai, ruang lingkup penelitian hingga bagaimana penelitian dilakukan tercantum di bagian pendahuluan. Selain itu, di bagian akhir bagian pendahuluan, dijelaskan pula sistematika penulisan yang digunakan. Untuk mendukung pengerjaan penelitian, di bagian dasar teori, dibahas mengenai pemodelan sistem, teori antrian, diagram SWCT, statistik, dan *time study* sehingga pembaca dapat lebih memahami metode dan *tools* yang digunakan dalam penelitian ini. Teori-teori yang dipaparkan diperoleh dari buku dan artikel antara lain buku *Simulation Using Promodel*, dan *Statistics for Management*.

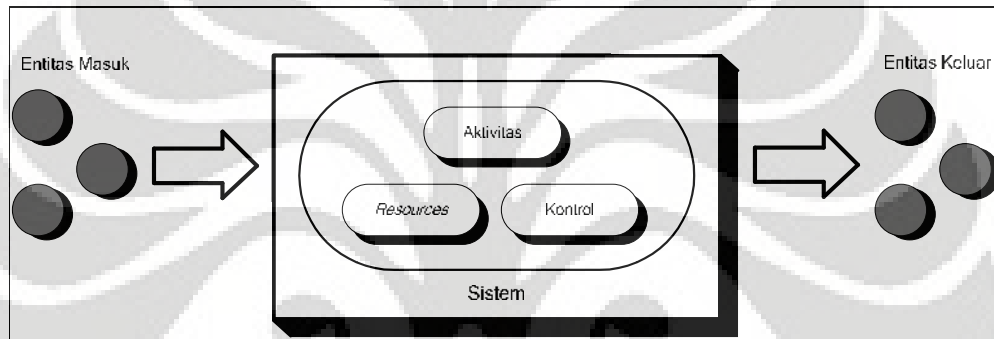
Model ini dibuat menggunakan perangkat lunak komputer, ProModel. Hasil simulasi model yang dijalankan selanjutnya digunakan untuk melakukan analisis permasalahan penelitian. Analisis ditujukan untuk memperoleh tujuan penelitian yang dirangkum di bagian akhir pembahasan penelitian ini yaitu kesimpulan dan saran.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 PEMODELAN SISTEM

2.1.1 Sistem

Sistem merupakan kumpulan dari elemen-elemen yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk mencapai tujuan yang spesifik³. Berdasarkan perspektif simulasi, sistem terdiri atas entitas, aktivitas, *resource*, dan kontrol⁴.



Gambar 2.1 Elemen dari sistem

(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 49)

Entitas adalah obyek yang diproses melalui sistem seperti dokumen dan pelanggan. Entitas dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu :

- a. Makhluk hidup : pelanggan, pasien
- b. Benda tak hidup : *part*, dokumen, dan bisnis.
- c. Benda yang tak berwujud : panggilan, *email*.

Aktivitas merupakan pekerjaan untuk memproses entitas di dalam sistem. Pekerjaan ini dapat berhubungan secara langsung ataupun tidak dalam pemrosesan entitas. Aktivitas dapat dikategorikan :

- a. Proses entitas : masuk dan inspeksi
- b. Entitas dan pergerakan sumber daya : pengoperasian *forklift*, penggunaan *elevator*

³ Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000, *Simulation Using Promodel*, McGraw-Hill Higher Education, New York, 2000, hal 25.

⁴ *Ibid*, hal 25.

- c. Pengaturan sumber daya, pemeliharaan, dan perbaikan : *set-up* mesin, perbaikan mesin.

Resources adalah agen yang digunakan untuk memproses entitas dalam sistem. Dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu :

- a. Mahluk hidup : pekerja, dokter
- b. Benda tidak hidup : peralatan
- c. Benda yang tidak berwujud : informasi

Yang terakhir adalah kontrol, yaitu hal yang memperlihatkan bagaimana, kapan dan dimana aktivitas dijalankan. Pada *level* tertinggi kontrol terdiri atas perencanaan, penjadwalan, dan kebijakan. Sedangkan pada *level* terendah terdiri atas prosedur tertulis. Dan di semua *level* kontrol terdiri atas informasi dan *decision logic* untuk mengetahui bagaimana seharusnya sistem beroperasi.

2.1.1.1 Kompleksitas Sistem

Kompleksitas dari suatu sistem merupakan gabungan dari dua faktor, yaitu elemen yang tidak tetap dan elemen yang saling bergantung. Saling ketergantungan antara elemen dari sistem menyebabkan setiap elemen dapat mempengaruhi elemen lainnya. Sedangkan elemen yang tidak tetap akan menghasilkan ketidakpastian dalam suatu sistem.

2.1.1.2 Metrik Performa Sistem

Metrik biasa digunakan untuk mengukur tingkat performa dari suatu sistem. Dilihat dari sudut pandang operasional, akan lebih bermanfaat jika faktor-faktor operasional dibuat dalam waktu, kualitas, kuantitas, efisiensi, dan utilisasi. Metrik-metrik operasional seperti ini dapat dengan cepat merefleksikan aktivitas dan dapat secara langsung dikontrol. Selain itu metrik ini juga dapat digunakan untuk mendorong peningkatan metrik-metrik lain yang terhubung secara finansial. Metrik-metrik utama yang mendeskripsikan efektivitas dan efisiensi sistem-sistem manufaktur dan jasa antara lain:

- a. Waktu alir (*cycle time, throughput time, dan manufacturing lead time*)

Merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan sebuah entitas untuk diproses di dalam sistem. Untuk sistem pemenuhan pesanan, waktu alir juga bisa disebut sebagai *customer response time* atau *turnaround time*.

b. Utilisasi

Merupakan persentase waktu personil, peralatan, dan sumber daya lain yang digunakan secara produktif. Jika *resource* ini tidak produktif dapat dikarenakan *resource* ini *idle*, terdapat rintangan (*blocked*), dan tidak dapat beroperasi (*down*).

c. *Value-added time*

Merupakan jumlah waktu yang dihabiskan material, konsumen, dan lain-lain yang menambah nilai, dimana nilai didefinisikan sebagai segala sesuatu yang dibayar oleh konsumen.

d. Waktu tunggu

Merupakan jumlah waktu yang dihabiskan entitas untuk menunggu diproses. Selama ini, waktu tunggu merupakan komponen terbesar yang menghabiskan waktu yang sifatnya tidak menambah nilai.

e. *Flow rate (production rate, processing rate, throughput rate)*

Merupakan jumlah entitas yang diproduksi atau yang dilayani per unit waktu (contoh satuannya adalah barang atau kostumer per jam).

f. Persediaan (*level antrian*)

Merupakan jumlah entitas atau konsumen yang ada di gudang atau tempat penyimpanan atau area tunggu.

g. *Yield*.

Dilihat dari sudut pandang produksi, *yield* dijelaskan sebagai persentase produk yang selesai dibuat yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dibandingkan dengan persentase total jumlah produk yang masuk ke sistem sebagai bahan mentah.

h. *Customer responsiveness*

Merupakan kemampuan sistem untuk mendistribusikan produk dalam waktu tertentu untuk meminimumkan waktu tunggu konsumen, yang bisa juga diukur sebagai fill rate yaitu jumlah permintaan konsumen yang dapat segera dipenuhi dari barang-barang inventori.

i. Varians

Merupakan tingkat atau derajat fluktuasi yang bisa dan sering terjadi pada metrik-metrik yang telah disebutkan di atas. Varians menunjukkan

ketidakpastian, karena itu dikatakan berisiko, dalam mencapai tujuan kinerja yang diinginkan.

2.1.1.3 Variabel Sistem

a. *Decision Variable*

Merupakan variabel yang tidak bergantung pada variabel lain pada suatu percobaan. Merubah nilai dari variabel ini akan mempengaruhi karakteristik dari suatu sistem.

b. *Response Variables*

Merupakan variabel yang memperlihatkan hasil dari dimasukkannya variabel keputusan. Jadi di dalam percobaan, nilai variabel ini bergantung pada *decision variable*.

c. *State Variables*

Merupakan variabel yang mengindikasikan keadaan dari suatu sistem pada waktu yang spesifik.

2.1.2 Simulasi

Model merupakan gambaran dari sistem yang dapat digunakan untuk memahami, menganalisa, dan memperbaiki sistem. Sedangkan simulasi merupakan proses perencanaan pembuatan model dari sistem yang nyata dan dilakukan percobaan pada model ini (Shannon 1975).

Simulasi banyak digunakan dalam menganalisa suatu sistem. Alasan penggunaannya adalah mencegah terjadinya *trial and error* sehingga menimbulkan biaya yang tinggi. Selain itu simulasi juga dapat memberikan keleluasaan pada penggunaannya untuk mencoba segala macam alternatif tanpa terkena risiko, biaya, dan waktu yang lama.

2.1.2.1 Tipe dari Simulasi

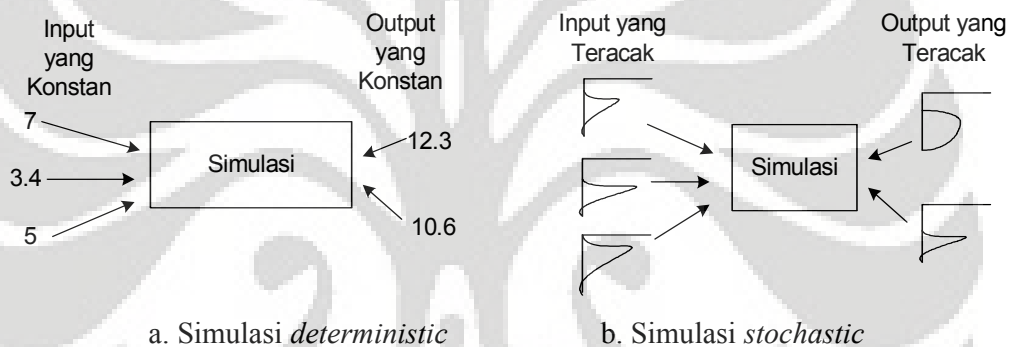
a. *Static versus dynamic simulation*

Static simulation merupakan salah satu simulasi yang tidak berdasarkan waktu, seringnya melibatkan pengambilan contoh secara acak untuk menghasilkan keluaran statistik (biasa disebut Simulasi Monte Carlo). Simulasi ini biasa digunakan dalam menghitung nilai portofolio.

Dynamic simulation, kebalikan dari *static simulation* yang tidak berdasarkan waktu, simulasi ini berdasarkan waktu. Simulasi tipe ini cocok digunakan dalam sistem manufaktur dan jasa.

b. *Stochastic versus deterministic simulation*

Stochastic atau *probabilistic simulation* adalah simulasi yang salah satu atau lebih dari satu variabelnya diacak secara alami. Simulasi ini menghasilkan keluaran yang teracak dan oleh karena itu keluaran ini hanya memberikan data mengenai kemungkinan perilaku dari sistem. Sedangkan simulasi yang tidak memiliki komponen input yang teracak disebut *deterministic simulation*.

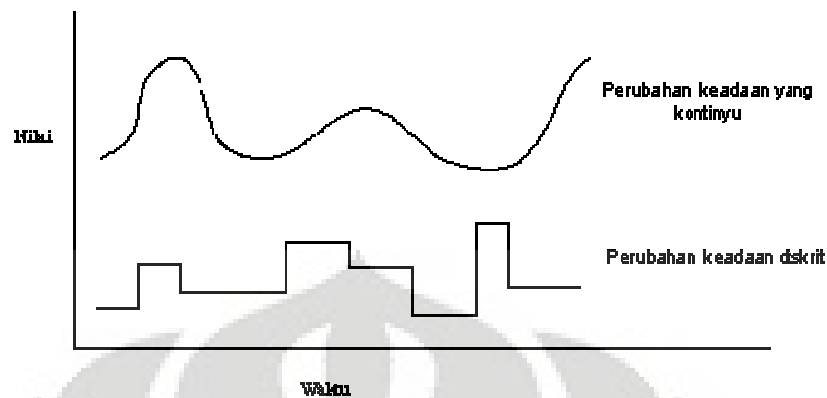


Gambar 2.2 Contoh dari (a) Simulasi *deterministic* (b) Simulasi *stochastic*

(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 49)

c. *Discrete-event versus continuous simulation*

Sebuah simulasi diskrit adalah simulasi dimana perubahan keadaan terjadi pada suatu titik waktu tertentu yang dipicu oleh sebuah kejadian. Sedangkan pada *continuous simulation* keadaan berubah secara terus menerus sejalan dengan perubahan waktu. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat perbedaan dari kedua tipe simulasi ini.



Gambar 2.3 Perbandingan antara perubahan kontinu dan diskrit

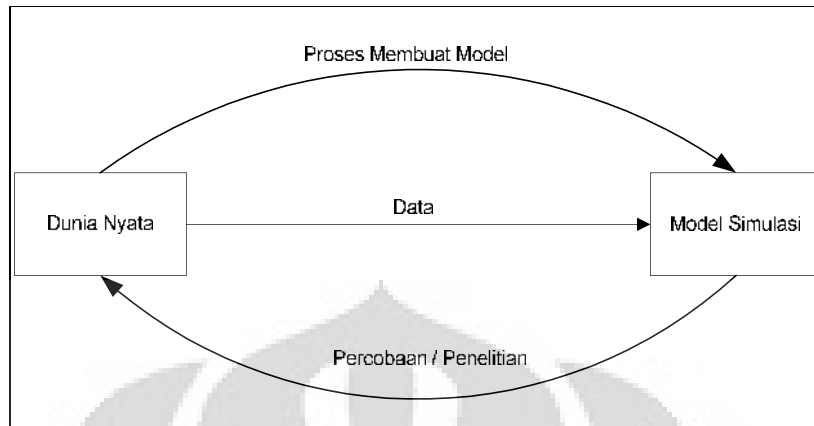
(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 50)

2.1.2.2 Simulasi *Discrete Event*

Simulasi yang dirancang pada penelitian ini menggunakan metode simulasi diskrit dengan *software* ProModel yaitu sebuah program simulasi diskrit. Seperti yang telah dijelaskan di atas simulasi diskrit merupakan simulasi dimana perubahan keadaan terjadi pada suatu titik waktu tertentu yang dipicu oleh sebuah kejadian. Peristiwa umum yang biasa terjadi dalam simulasi diskrit adalah:

1. Kedatangan sebuah entitas pada sebuah stasiun kerja
2. Kegagalan dari sebuah sumber (*resource*)
3. Penyelesaian sebuah aktivitas
4. Akhir dari sebuah *shift*.

Perubahan keadaan di dalam model terjadi ketika suatu kejadian terjadi. Variabel keadaan (*state variables*) dalam simulasi diskrit ditunjuk sebagai perubahan diskrit dari variabel keadaan.



Gambar 2.4 Gambaran umum dalam pembuatan model

(Sumber: Robinson, Stewart, Three Sources of Simulation Inaccuracy, 1999)

Secara sederhananya proses simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.4. Untuk menghasilkan sebuah simulasi sesuai dengan yang diinginkan maka diperlukan perencanaan dan pengkoordinasian yang matang. Tahapan dalam melakukan simulasi agar didapat simulasi yang sukses adalah :

1. Menetapkan tujuan dan batasan dari simulasi. Kemudian menentukan kebutuhan untuk mendukung proyek simulasi.
2. Mengidentifikasi data yang diperlukan kemudian mengumpulkannya. Selanjutnya data-data tersebut dianalisis sesuai dengan kebutuhan.
3. Membuat model dari sistem yang diinginkan. Setelah pembuatan model ini selesai dilanjutkan dengan proses verifikasi yang bertujuan untuk menentukan apakah model sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Untuk penjelasan verifikasi akan dijelaskan lebih detail pada pembahasan selanjutnya.
4. Melakukan proses validasi yang bertujuan untuk menentukan apakah model yang dibuat telah menggambarkan sistem yang sesungguhnya.
5. Melakukan percobaan pada model yang telah dibuat dengan berbagai skenario yang telah dibuat. Kemudian menganalisisnya.
6. Langkah terakhir adalah membuat rekomendasi sehingga dapat dibuat sebuah keputusan pada sistem.

2.1.3 Verifikasi dan Validasi

Sebelum digunakan model hasil simulasi perlu diverifikasi dan divalidasi terlebih dahulu agar didapat suatu kepastian bahwa model hasil simulasi benar-benar gambaran situasi yang akurat sehingga informasi yang di dapat dari model juga akurat.

2.1.3.1 Verifikasi

Merupakan proses untuk menentukan apakah model hasil simulasi telah beroperasi sesuai yang diinginkan. Beberapa cara yang dapat dilakukan dalam verifikasi adalah:

- a. Melakukan pengecekan pada kode model
- b. Memeriksa masuk akal nya output
- c. Mengamati tingkah laku sistem dalam animasi
- d. Menggunakan fungsi *trace* dan *debug* pada *software* untuk mendapatkan keadaan model yang tidak dapat terlihat melalui animasi

2.1.3.2 Validasi

Merupakan proses untuk menentukan apakah model telah mencerminkan keadaan nyata secara akurat (Hoover dan Perry 1990). Beberapa cara yang dilakukan dalam validasi model adalah:

- a. Melakukan pengamatan pada animasi untuk dibandingkan dengan pengetahuan seseorang mengenai keadaan sebenarnya.
- b. Membandingkan dengan sistem aktual
- c. Membandingkan dengan model lain yang telah tervalidasi
- d. Melakukan uji degenerasi untuk melihat apakah sifat output dari model akan berubah ketika salah satu variabelnya mencapai titik tertentu
- e. Menggunakan uji kondisi ekstrim seperti dengan menghalau kedatangan pada suatu sistem untuk melihat apakah sistem masih akan berjalan
- f. Melakukan pemeriksaan dengan *face validity*, yaitu dengan menayakan seseorang yang memiliki pengetahuan mengenai sistem mengenai masuk akal nya model yang dibuat
- g. Melakukan pengujian terhadap data historis
- h. Melakukan analisis sensitivitas

- i. Melakukan penelitian terhadap kejadian-kejadian yang terjadi pada model untuk dibandingkan dengan tingkah laku sistem aktual
- j. Melakukan *turing test* yaitu sebuah uji untuk melihat apakah orang-orang yang berpengetahuan mengenai sistem aktual dapat membedakan output dari sistem dan output dari model.

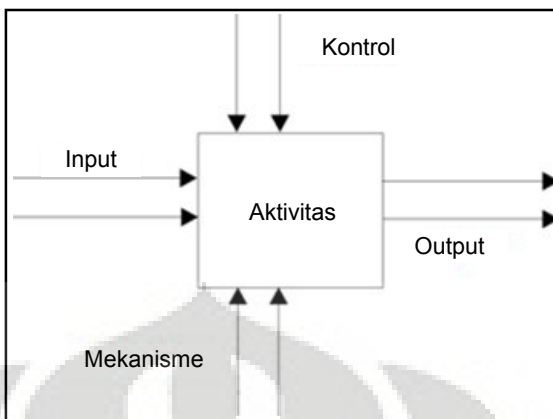
2.2 IDEF-Ø

Sebelum pembuatan model banyak metode yang dapat dilakukan untuk mempersiapkannya. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah IDEF-Ø. IDEF-Ø merupakan metode yang menggambarkan sistem atau proses dengan beberapa teknik untuk menghindari kompleksitas dari diagram yang didapat dari metode lain. Metode ini berasal dari *Structured Analysis and Design Technique* (SADT), yang telah dipublikasikan sebagai standar pemerintah Amerika Serikat.

Untuk sistem yang baru metode ini dapat digunakan untuk mengetahui kebutuhan, fungsi dari suatu sistem sehingga dapat dirancang kemudian diimplementasikan sistem sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya. Sedangkan untuk sistem yang telah ada, metode ini dapat digunakan untuk menganalisa performa dari suatu sistem dan catatan dari mekanisme yang telah dijalankan.

IDEF0 merupakan teknik rekayasa yang digunakan untuk mengatur analisis kebutuhan, keuntungan, dan fungsional, mendefinisikan kebutuhan, merancang sistem, pemeliharaan, dan *baseline* demi perbaikan terus-menerus. Model-model IDEF0 menyediakan *blueprint* dari fungsi-fungsi hubungannya yang harus digambarkan dan dimengerti untuk membuat keputusan-keputusan rekayasa sistem yang logis, dapat diterima, terintegrasi, dan mungkin dicapai. Model IDEF0 merefleksikan bagaimana fungsi-fungsi sistem berhubungan dan beroperasi.

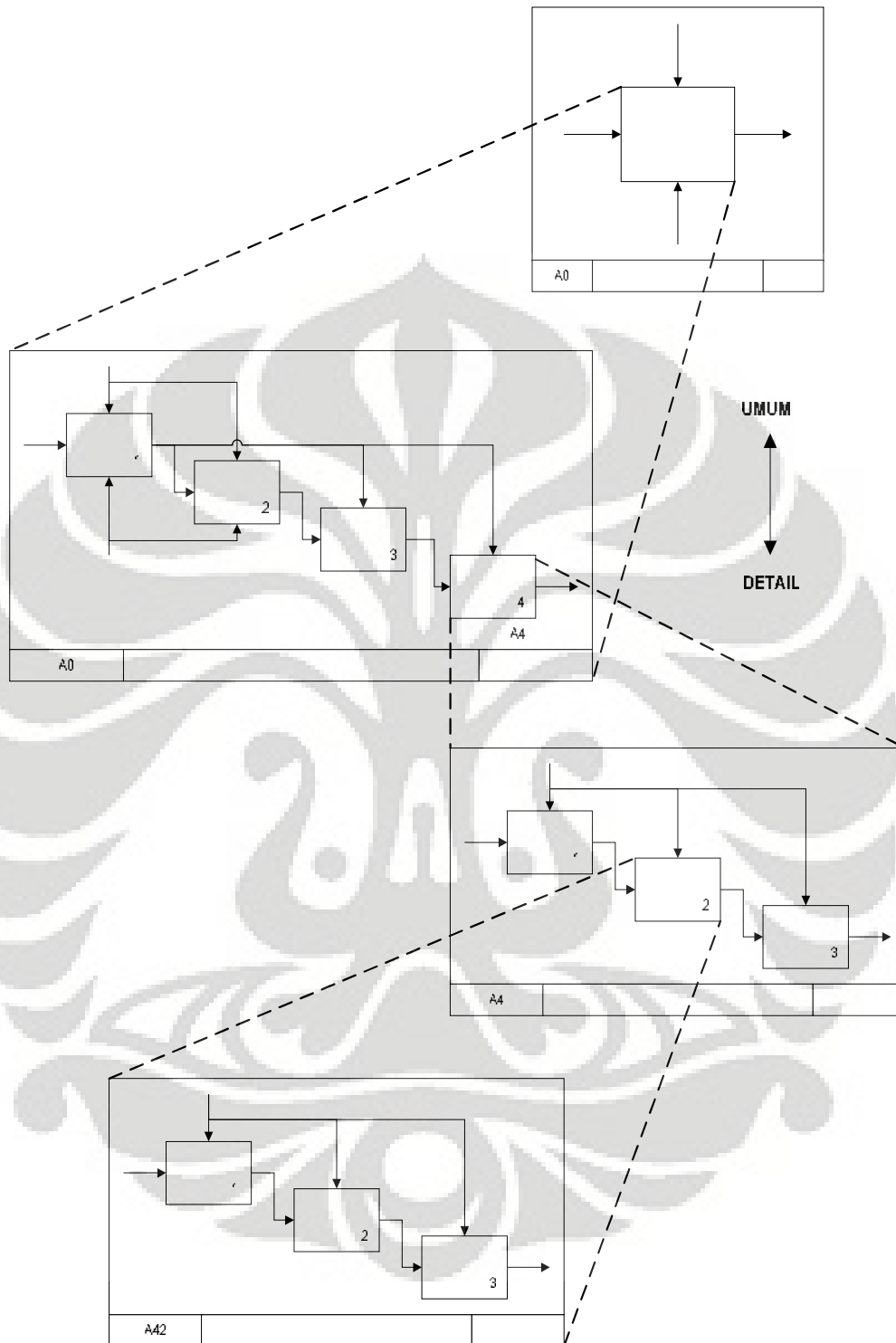
Diagram dasar IDEF0 sangat *simple* yaitu hanya menggunakan kotak yang menunjukkan tiap aktivitas atau prosesnya. Terdapat empat jenis panah pada IDEF- Ø, yaitu input, kontrol, output, dan mekanisme. Dapat dilihat pada **Gambar 2.3.**



Gambar 2.5 IDEF-Ø

Model IDEF0 digambarkan dalam diagram-diagram yaitu diagram induk dan diagram anak. Diagram induk adalah diagram yang berisi kotak induk. Kotak induk adalah kotak yang dijelaskan oleh diagram anak.⁵ Kotak dinamai secara deskriptif menggunakan kata kerja atau frase kata kerja. Sedang ujung panah dinamai dengan kata benda atau frase kata benda untuk mengekspresikan arti yang dimaksud. Panah masuk di bagian kiri kotak diagram merupakan input yang ditransformasi atau digunakan oleh fungsi untuk menghasilkan output. Panah masuk di bagian atas kotak adalah kontrol yang menspesifikasi kondisi-kondisi yang dibutuhkan fungsi untuk menghasilkan output yang baik. Panah keluar di bagian kanan kotak merupakan output yaitu data atau obyek yang dihasilkan oleh fungsi. Panah-panah di bagian bawah kotak merupakan mekanisme. Panah keluar mengidentifikasi alat-alat yang mendukung eksekusi fungsi. Panah mekanisme yang arahnya keluar kotak adalah panah *call* yang memungkinkan *sharing of detail* dengan menghubungkan model-model atau bagian-bagian dalam suatu model.

⁵ "Integration Definition for Function Modeling (IDEF0)", dalam *Draft Federal Information Processing Standards Publication 183*, National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce, Springfield, 1994, hal 18.

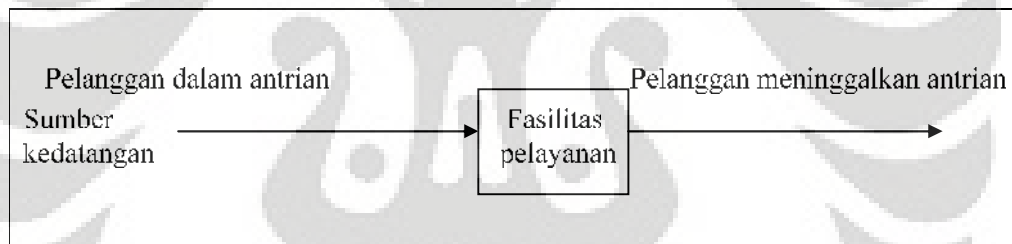


Gambar 2.6 Struktur dekomposisi IDEF0

2.3 TEORI ANTRIAN

Teori antrian merupakan teori mengenai antrian yang menggambarkan keadaan antrian nyata ke dalam persamaan matematis. Hasil dari analisis teori ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan biaya yang berasal dari biaya pelayanan dan menunggu.

Obyek yang memegang peran penting dalam teori antrian adalah pelanggan dan pelayan. Pelanggan dalam antrian dilayani menurut aturan yang ada yaitu disiplin antrian atau disiplin pelayanan. Jika ujung awal dari antrian yang dipanggil terlebih dahulu untuk dilayani, maka antrian berdasarkan FCFS (*First Come First Served*). Jika ujung akhir dari antrian yang dipanggil terlebih dahulu maka antrian tersebut berdasarkan First Come Last Served. Selain itu, masih banyak *queue discipline* lainnya. Pelayanan diberikan oleh mekanisme pelayanan atau fasilitas pelayanan. Pelanggan yang telah menerima pelayanan meninggalkan sistem hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Sistem antrian

Terdapat terminologi yang perlu diperhatikan dalam teori antrian, yaitu:

a. Sumber kedatangan

Merupakan populasi individu sebagai tempat asalnya *customer*. Jumlah individu di dalamnya dapat terbatas ataupun tidak terbatas. Jika ukuran dari sumber kedatangan sangat besar dan tidak mudah diidentifikasi dapat dikatakan sebagai tak terbatas. Tetapi jika sumber kedatangan kecil, mudah diidentifikasi, dapat dihitung dengan tepat, dan kedatangan suatu pelanggan mengubah kemungkinan kedatangan pelanggan lainnya maka sumber kedatangan dapat diartikan sebagai terbatas. Proses kedatangan dapat digambarkan sebagai tingkat kedatangan secara acak ataupun deterministik.

b. Antrian

Merupakan tempat pelanggan menunggu untuk dilayani, pelanggan menunggu dalam antrian jika pelayanan dalam keadaan penuh. Antrian ini mempunyai ukuran antara terbatas atau tidak terbatas. Waktu yang dibutuhkan *customer* untuk antrian ini disebut waktu antrian.

c. Disiplin Antrian

Merupakan metode pemilihan *customer* dari antrian untuk memasuki *service mechanisms* atau *server*.

d. Mekanisme Pelayanan

Merupakan mekanisme pelanggan memperoleh pelayanan setelah mereka dipilih dari dalam antrian. Waktu yang dibutuhkan bagi customer untuk dilayani disebut sebagai waktu pelayanan. Dalam memodelkan waktu pelayanan digunakan Suatu distribusi statistik digunakan untuk memodelkan *service time server*. Beberapa model antrian menggunakan *server* tunggal, sementara yang lain menggunakan *server* jamak.

Distribusi statistik yang umumnya digunakan dalam teori antrian adalah

a. Distribusi Eksponensial

Salah satu distribusi kemungkinan yang digunakan secara luas untuk waktu antar kedatangan (waktu antara dua kedatangan yang sukses) adalah distribusi eksponensial. Diketahui untuk beberapa sistem antrian distribusi eksponensial dapat menyediakan data observasi aktual yang pas. Kita juga harus mempertimbangkan waktu pelayanan terdistribusi secara eksponensial. Distribusi eksponensial yang digunakan dalam teori antrian merupakan distribusi eksponensial negatif. Distribusi ini merupakan turunan distribusi Erlang yang dinamakan atas dasar A.K. Erlang, salah satu pendahulu dalam teori antrian.

b. Distribusi Poisson

Besar kemungkinan jumlah kedatangan untuk setiap periode yang diberikan untuk berbagai proses pada kehidupan nyata pada umumnya adalah terdistribusi secara Poisson.

c. *Degenerate /Deterministic Distribution,*

yang mempunyai variasi distribusi yang tetap. Distribusi ini digunakan untuk memodelkan input *part* pada mesin manufaktur.

2.4 STATISTIK

Statistik merupakan kumpulan cara-cara, aturan-aturan metode yang digunakan untuk mengumpulkan, menyajikan, mengolah, dan menganalisa data yang berupa angka.

2.4.1 *Sampling*

Banyak penelitian yang hanya dilakukan dengan mengevaluasi contoh dari suatu populasi. Hal ini dilakukan karena keterbatasan biaya, tenaga, dan waktu. *Sampel* (contoh) merupakan bagian dari unit populasi yang menjadi gambaran dari suatu populasi. Sedangkan populasi adalah sekumpulan elemen yang memiliki informasi yang dibutuhkan peneliti.

Dalam melakukan pemilihan *sampel* diperlukan perhatian khusus agar *sampel* yang didapat tidak bias dan dapat menggambarkan populasi sesungguhnya. Data ini diambil dari populasi berdasarkan suatu teknik tertentu. Output penggunaan *sampel* ini merupakan data perkiraan..

Terdapat dua teknik *sampling* yaitu *probability sampling* dan *non probability sampling*. *Probability sampling* merupakan teknik pengambilan sampel dimana setiap anggota populasi mempunyai peluang yang sama untuk dipilih menjadi *sampel*. Sementara pada *non probability sampling* pemilihan *sampel* didasarkan pada pengetahuan dan opini para ahli mengenai populasi atau dapat dikatakan setiap anggota tidak mempunyai peluang yang sama untuk dipilih. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat berbagai macam *probability sampling* sedangkan pada Tabel 2.2 dapat dilihat berbagai macam *non probability sampling*.

Tabel 2.1 Jenis *Probability Sampling*

Teknik <i>Sampling</i>	Pengertian
<i>Systematic Sampling</i>	Pemilihan <i>sampel</i> dilakukan pada interval yang sama
<i>Purposive Sampling</i>	Pengambilan <i>sample</i> dengan tujuan tertentu.

Tabel 2.2 Jenis *Probability Sampling*

Teknik <i>Sampling</i>	Pengertian
<i>Simple Random Sampling</i>	Pengambilan <i>sampel</i> bersifat acak tanpa memperhatikan tingkatan, sehingga setiap anggota populasi memiliki peluang yang sama untuk dipilih sebagai <i>sampel</i>
<i>Stratistified Random Sampling</i>	Pengambilan <i>sampel</i> dari populasi yang telah dibagi atas kelompok-kelompok yang homogen. Dari masing-masing kelompok di ambil <i>sampel</i> secara proposional.
<i>Disproportionate Stratistified Random Sampling</i>	Pengambilan <i>sampel</i> dari populasi yang telah dibagi atas kelompok-kelompok yang homogen. Dari masing-masing kelompok di ambil <i>sampel</i> namun tidak secara proposional.
<i>Cluster Random Sampling</i>	Pengambilan <i>sampel</i> kelompok dari salah satu kelompok bagian dari suatu populasi.

2.4.2 Uji Kecukupan Data

Sebelum dan setelah melakukan percobaan, uji kecukupan data penting untuk dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan yang ada di dalam pengolahan data. Untuk menentukan jumlah observasi dapat dilakukan dengan cara statistik. Persamaan matematisnya dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.:

a. *Confidence Level* 95%, tingkat ketelitian $\pm 5\%$

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{N\sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (2.1)$$

b. *Confidence Level* 95%, tingkat ketelitian $\pm 10\%$

$$N' = \left[\frac{20\sqrt{N\sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (2.2)$$

Dimana: N' = jumlah data yang seharusnya
 N = jumlah data
 $N' \leq N$; maka jumlah data sudah cukup
 $N' \geq N$; maka jumlah data perlu ditambah

d. Dengan data yang sedikit $n < 30$

$$= \frac{*}{*} \quad (2.3)$$

Dimana: n = Jumlah observasi yang diperlukan

t = nilai distribusi t

s = Standar deviasi

k = *significant level*

\bar{x} = rata-rata nilai data

2.4.3 Distribusi

Distribusi digunakan untuk menggambarkan data. Distribusi mengindikasikan jumlah dan persentase responden, objek yang masuk ke dalam kategori yang ada. Teknik ini biasanya digunakan untuk memberikan informasi awal dalam penelitian tentang objek atau responden. Berikut merupakan jenis-jenis distribusi.

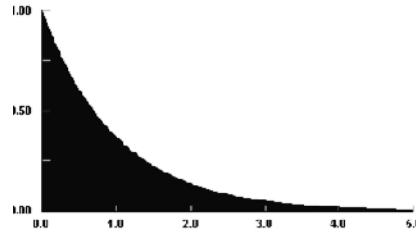
2.4.3.1 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan distribusi kontiniu yang dibatasi pada sisi bawahnya. Bentuknya selalu sama, dimulai dengan nilai tak hingga pada sisi bawah dan secara kontiniu berkurang dengan bertambahnya nilai x . Distribusi ini biasanya digunakan untuk memperlihatkan waktu antar kejadian, seperti waktu antar kedatangan pada suatu antrian. Seringkali distribusi ini juga digunakan untuk memperlihatkan waktu pelayanan untuk suatu operasi tertentu. Distribusi ini digambarkan dengan mean dari waktu (μ). Pada gambar 2.8 dapat dilihat grafik distribusi exponensial dengan persamaan matematis dalam perhitungan :

$$f(x) = - \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x - \min}{\beta}} \quad (2.4)$$

Dimana: \min = minimum nilai x

β = parameter skala = *mean*



Gambar 2.8 Grafik distribusi eksponensial

(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 351)

2.4.3.2 Distribusi Gamma

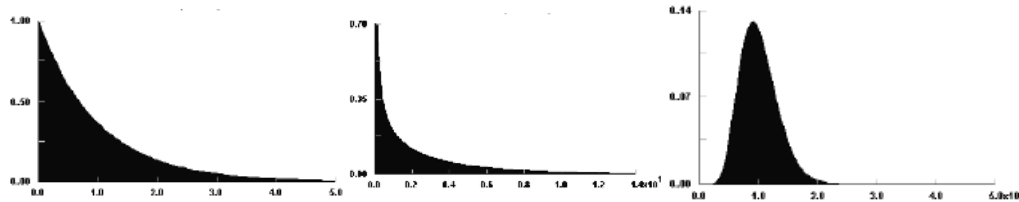
Distribusi Gamma adalah distribusi kontiniu yang dibatasi pada sisi bawah. Notasi yang digunakan untuk menggambarkan distribusi ini adalah (min, alpha, beta). Terdapat gambaran yang berbeda dari distribusi ini yang bergantung dari nilai α .

- $\alpha=1$ distribusi gamma akan menjadi distribusi Eksponensial (gambar 2.7 a)
- α dibatasi untuk nilai bulat positif, maka distribusi gamma akan menjadi distribusi Erlang.
- $\alpha < 1$, grafik cenderung bernilai tidak terhingga pada nilai x minimum dan ketika x naik maka grafik akan menurun (gambar 2.7 b)
- $\alpha > 1$, grafik bernilai 0 pada x minimum kemudian meningkat bergantung pada nilai alpha dan beta nya selantutnya akan menurun (gambar 2.7 c)

Distribusi ini digunakan untuk menggambarkan umur benda, *lead time*, data pendapatan seseorang, populasi dengan keseimbangan yang stabil, waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan. Persamaan yang digunakan :

$$f(x) = \frac{(x - \min)^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} \exp\left(-\frac{[x - \min]}{\beta}\right) \quad (2.5)$$

Dimana: min = minimum x
 α = parameter bentuk > 0
 β = parameter skala > 0



Gambar 2.9 Grafik distribusi gamma

(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 352)

2.4.3.3 Distribusi Erlang

Distribusi Erlang merupakan distribusi kontiniu yang dibatasi pada sisi bawahnya. Notasi yang digunakan distribusi ini adalah (\min, m, β) . Distribusi ini merupakan bentuk khusus dari distribusi gamma untuk parameter, m , dibatasi pada bilangan bulat positif. Ketika $m=1$, distribusi ini berubah menjadi distribusi eksponensial. Distribusi ini telah secara luas digunakan dalam teori *reliability* dan teori antrian. Persamaan yang digunakan

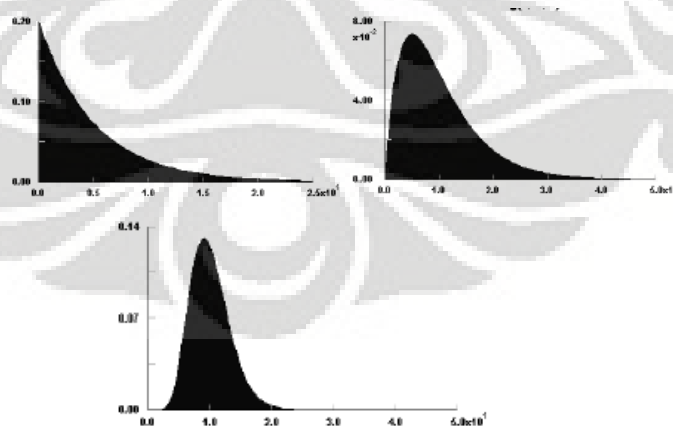
$$f(x) = \frac{(x - \min)^{m-1}}{\beta^m \Gamma(m)} \exp\left(-\frac{[x - \min]}{\beta}\right) \quad (2.6)$$

Di mana:

\min = minimum x

m = faktor bentuk = bulat positif

β = faktor skala > 0



Gambar 2.10 Grafik distribusi erlang

(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 350)

2.4.3.4 Distribusi Normal

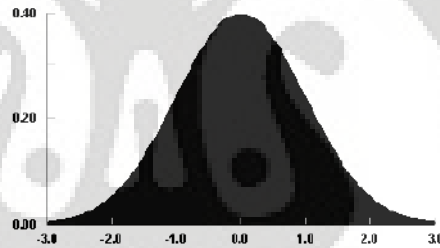
Distribusi normal dengan notasi $N(\mu, \sigma^2)$, merupakan distribusi kontinu yang tidak dibatasi tepinya. Distribusi ini seringkali disebut sebagai distribusi Gaussian atau kurval lonceng. Biasa digunakan untuk menggambarkan waktu aktivitas yang cenderung simetris dengan kecenderungan data berada di tengah-tengah *range* data. Distribusi ini digambarkan dengan mean (μ) dan standar deviasi (σ). Pada keadaan yang sebenarnya, aktivitas yang terdistribusi secara norma jumlahnya sangat sedikit.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{[x - \mu]^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.7)$$

Dimana:

μ = parameter pergeseran=*mean*

σ = parameter skala = standard deviation



Gambar 2.11 Grafik distribusi normal

(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 354)

2.4.3.5 Distribusi Binomial

Distribusi poisson dengan notasi (n, p) , merupakan distribusi yang bersifat diskrit yang dibatasi oleh $(0, n)$. Biasanya distribusi ini digunakan pada percobaan tunggal yang dilakukan berulang kali, seperti pelemparan koin. Parameter p merupakan probabilitas dari suatu kejadian, dimana masing-masing kejadian merupakan kejadian yang tidak saling bergantung. Untuk nilai n yang besar distribusi ini dapat didekati dengan distribusi normal. Distribusi binomial dapat digunakan dalam menghitung jumlah barang yang gagal dalam satu *batch*, dan jumlah orang dalam satu kelompok dengan tipe tertentu.

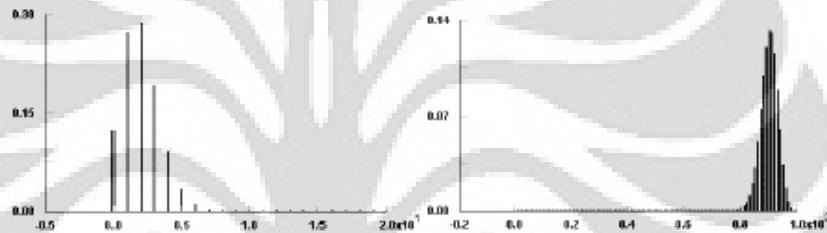
$$p(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad (2.8)$$

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} \quad (2.9)$$

Dimana : $x = 0, 1, \dots, n$

n = jumlah percobaan

p = probabilitas kejadian



Gambar 2.12 Grafik distribusi binomial

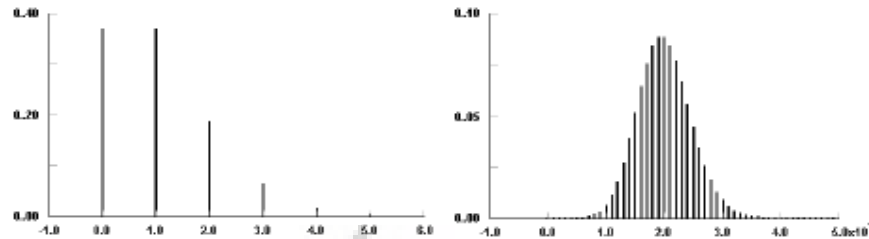
(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 348)

2.4.3.6 Distribusi Poisson

Distribusi poisson merupakan distribusi yang bersifat diskrit dengan sisi bawah dibatasi pada 0 dan sisi atas tak terbatas. Distribusi poisson sering digunakan untuk representasi kejadian yang tidak teratur. Distribusi ini digunakan untuk membuat model tingkat kejadian (jumlah kejadian pada suatu hal atau karakteristik per interval waktu atau per unit entitas). Kejadian yang menggunakan distribusi ini antara lain kejadian panggilan telepon, *defect* pada industri semikonduktor dan *defect* dalam seluruh aspek *quality control*. Distribusi ini sangat penting dalam permulaan teori antrian dan teori *reliability*. Pada distribusi ini, mean sama dengan varians, dan digambarkan sebagai rata-rata kejadian (λ). Interval waktu antar kejadian pada distribusi ini adalah eksponensial.

$$p(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (2.10)$$

Dimana : λ = tingkat kedatangan



Gambar 2. 13 Grafik distribusi Poisson

(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 357)

2.4.4 *Distribution Fitting*

Setelah pengumpulan data *distribution fitting* dilakukan untuk mengetahui kesesuaian data yang didapat dengan distribusi tertentu. Terdapat dua macam tes yang dapat digunakan yaitu *discrete distribution fitting* dan *continuous distribution fitting*. *Discrete distribution fitting* dipergunakan pada data kedatangan atau perpindahan penumpang dilakukan.

Perhitungan kesesuaian distribusi ini merupakan perhitungan *Goodness of Fit* pada tingkat kepercayaan tertentu. Perhitungan *Goodness of Fit* diantaranya dapat menggunakan tes Chi Squared, Kolmogorov Smirnov dan Anderson Darling. Chi Squared hanya dapat digunakan untuk distribusi diskrit, sedangkan Anderson Darling hanya dapat digunakan pada distribusi kontiniu.

2.4.4.1 *Tes Anderson Darling*

Tes Anderson Darling (AD) adalah tes *goodness of fit* untuk distribusi kumulatif terhadap suatu data, dengan pembobotan besar pada ujung dari distribusi. Tes ini menghitung integral dari kuadrat nilai perbedaan antara data dengan distribusi yang disesuaikan, dengan pembobotan yang meningkat untuk ujung dari distribusi dengan menggunakan persamaan matematis:

$$W^2 = n \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[F_n(x) - F(x)]^2}{F(x)[1 - F(x)]} dF(x) \quad (2.11)$$

Untuk w^2 : nilai statistik AD, n : jumlah data, $F(x)$: distribusi kumulatif yang disesuaikan, dan $F_n(x)$: distribusi kumulatif dari data. Persamaan ini dapat disederhanakan menjadi:

$$= - \dots - (-) [+ (-)]$$

(2.12)

Untuk u_i : nilai distribusi kumulatif yang disesuaikan, $F(x_i)$ untuk titik ke- i .

Hasil tes kemudian dibandingkan dengan nilai standar pada statistik AD dengan jumlah titik data dan *significant level* tertentu. Tes AD bukanlah distribusi yang terbatas.

Tes AD ini sangat sensitif pada ujung distribusi, untuk itu, tes perlu digunakan dengan diskritasi distribusi kontiniu pada batas bawah dan nilai finite pada batas bawah.

2.4.4.2 Tes Kolmogorov Smirnov (KS)

Tes Kolmogorov Smirnov (KS) adalah tes statistik mengenai “*goodness of fit*” sebuah distribusi kumulatif pada sekumpulan data, titik terhadap titik. Tes ini menghitung perbedaan absolut terbesar antara distribusi kumulatif untuk data yang digunakan dengan distribusi yang telah disesuaikan menurut persamaan

$$= (, -)$$

$$= - - () , = , \dots,$$

(2.14)

$$= () - \frac{(-)}{ } , = , \dots,$$

(2.15)

Untuk D : statistik KS, x : nilai titik ke i dari n data, dan $F(x)$: distribusi kumulatif yang telah disesuaikan.

Hasil tes statistik tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai standar dari statistik KS dengan jumlah titik data yang berkesesuaian dan *significan level* tertentu. Tes KS ini tidak dibatasi untuk distribusi tetentu saja dan cocok digunakan untuk berapapun jumlah sampel.

2.4.4.3 Tes Chi Kuadrat

Tes Chi Kuadrat adalah tes *goodness of fit* untuk *fitted density* dari data yang dipisahkan dalam interval (data kontiniu) atau kelas (data diskrit). Tes ini dimulai dengan data pengamatan yang terbagi dalam interval atau kelas. Jumlah

kelas untuk data diskrit ditentukan berdasarkan *range*, sementara pilihan jumlah interval untuk data koniniu tidaklah ditentukan sempurna. Stat::Fit mempunyai kalkulasi utama yang memilih jumlah interval minimal yang tidak akan terlalu memperhalus data, dengan berdasarkan tingkat *skewness* disamping sejumlah metode empiris lainnya beserta penentuan jumlah interval secara manual.

Tes kemudian akan menghitung nilai ekspektasi tiap interval distribusi yang telah disesuaikan dengan nilai ekspektasi dari akhir interval termasuk jumlah atau integral hingga nilai tak hingga atau batas terdekat. Interval yang memiliki data kurang dari 5 buah akan disatukan pada interval sebelumnya sehingga tidak ada interval yang memiliki jumlah daata kurang dari 5. Kemudian statistik Chi Kuadrat dihitung berdasarkan persamaan:

$$= \frac{(\quad - \quad)}{\quad} \quad (2.16)$$

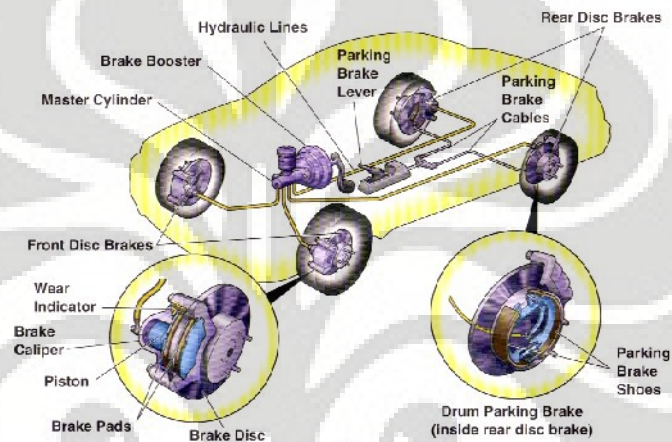
Untuk χ^2 : nilai statisk Chi Kuadrat, n : banyaknya data, n_i : jumlah data pada interval / kelas ke- i , k jumlah interval atau kelas, p_i : probabilitas terjadinya data pada interval atau kelas untuk distribusi yang disesuaikan.

Hasil tes kemudian dibandingkan dengan nilai standar dari Chi Kuadrat dengan *degree of freedom* dan *significant level* tertentu. Dalam Stat::Fit, jumlah *degree of freedom* merupakan jumlah bin (interval atau kelas) dikurangi 1. Nilai *degree of freedom* yang sebenarnya berada di antara nilai ini dengan nilai serupa dikurangi dengan jumlah parameter yang disesuaikan dengan prosedur estimasi

BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 PRODUK DISC BRAKE D38A

Sistem pengereman pada kendaraan bermotor roda empat dapat dibagi dalam dua jenis sistem pengereman. Pengereman sistem *drum parking brake* dan sistem *disc brake*. Lihat gambar 3.1 untuk keterangan lebih jelas.



Gambar 3.1 Sistem rem mobil

Produk Disc Brake Caliper D38A terdiri dari 18 jenis part yang berbeda, dimana diantaranya terdapat 4 produk yang dibuat di perusahaan sendiri dan 14 produk lainnya dibuat diluar perusahaan.



Caliper D-38 - Avanza, Xenia, APV

Gambar 3.2 Produk assy brake caliper D38A

PT. TRI DHARMA WISEA PRODUCT DEVELOPMENT		D-38A FRONT CALIPER						Prepared	AO
								Checked	DL
								Approved	RK
								Date	Oct 14, 03
								Revision	3
PART NAME	SHIM, OUTER	PISTON	M/SUPPORT	RING, BOOT	BOOT, PISTON	SEAL, PISTON	PIN, GUIDE	B/CALIPER	BOLT, PIN
PART NO.	51-A5424-57430	51-A5424-57130	51-A5424-58500	51-A5424-58040	51-A5424-57140	90-5411-5400	90-R7002-1072	51-A5424-1/27120	90-RH741-0822
MATERIAL	KE-S440 (FSS)	SWRCH 5A	FCD 450	SW - C	E P D M	E P D M	SWCH45K	FCD 450	SOM 435
SUPPLIER	Nichea	Indoyoke (Forging)	ATI (Casting)	Oikarang Presisi	Siam Fukoku	CKD - AXB	P S E P	ATI (Casting)	P S E P
QUANTITY	1	1	1	1	1	1	1	1	2
PART NAME	P/PRESSURE	PAD ASSY	WEAR INDCTR	CLIP, PAD	BOOT, PIN	PIN, LOCK	T/PROTECTOR	S/BLEEDER	CAP, BLEEDER
PART NO.	51-A5424-57410	51-A5424-57400	51-A5424-58470	51-A5424-58540	90-S7201-1000	90-R7102-1072	51-T2501-02330	52-10510-02320	51-T2501-02340
MATERIAL	SAPH 400	NS177H/NC912	SUS301-CSP 3/4H	SUS301-CSP 3/4H	E P D M	S45C ~ S50C	PVC	S45CL1/2	PVC
SUPPLIER	Subur Daja Teguh	TDW	Indoteah	Indoteah	Siam Fukoku	P S E P	Comptech	CKD - AXB	Comptech
QUANTITY	2	2	1	2	2	1	1	1	1

Gambar 3.3 Gambar detail brake caliper D38A

Produk yang dibuat di perusahaan PT. TDW mencakup

1. Machining Body Caliper 1 pcs/unit
2. Machining Support Mounting 1 pcs/unit
3. Machining Piston 1 pcs/unit
4. Manufacturing Pad Assy 1 pcs/unit

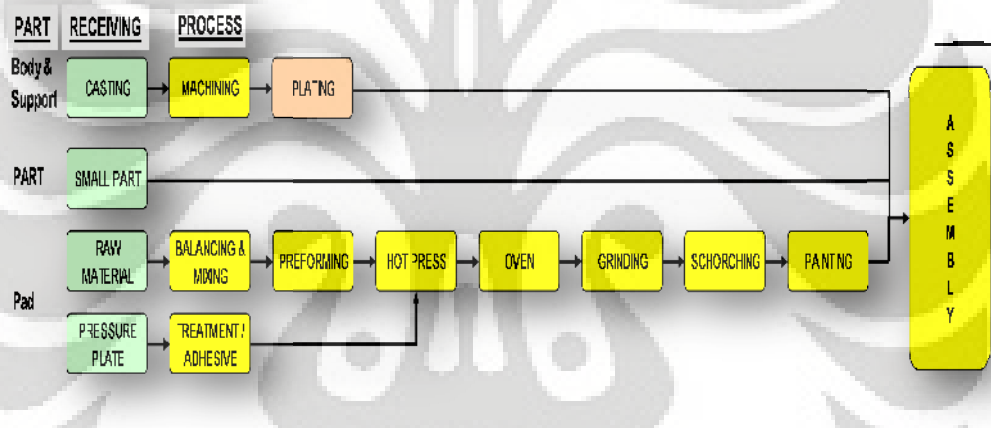
Sedangkan 14 part lainnya yang dibuat diluar perusahaan PT. TDW adalah

1. Shim Outer 1 pcs/unit
2. Ring Boot 1 pcs/unit
3. Boot Piston 1 pcs/unit
4. Seal Piston 1 pcs/unit
5. Pin Guide 1 pcs/unit
6. Bolt Pin 1 pcs/unit
7. Pressure Pad 1 pcs/unit
8. Wear Indicator 1 pcs/unit

9. Clip Pad	1 pcs/unit
10. Boot Pin	1 pcs/unit
11. Lock Pin	1 pcs/unit
12. Thread Protector	1 pcs/unit
13. Bleeder Thread	1 pcs/unit
14. Cap Bleeder	1 pcs/unit

3.2 FLOW PROSES DISC BRAKE D38A

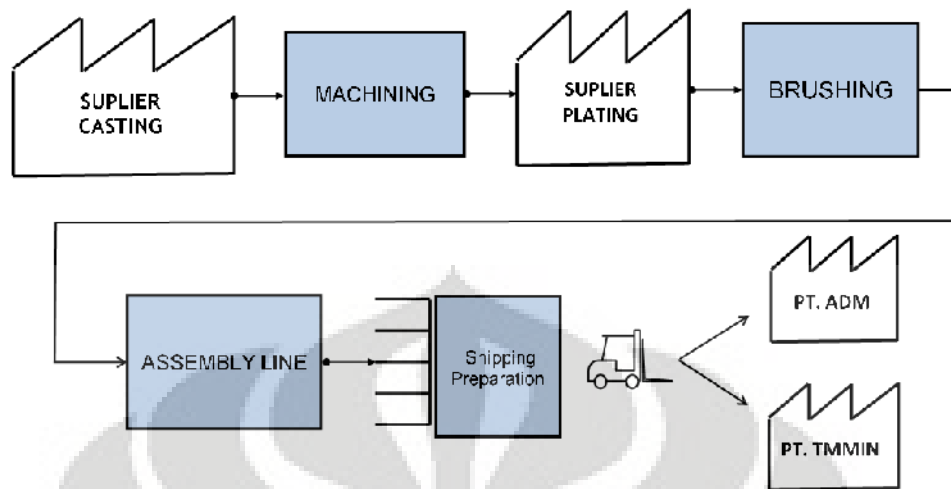
Flow proses untuk produk Disc Brake Caliper D38A adalah seperti yang digambarkan dibawah ini (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Flow proses Brake Caliper D38A

Proses pengerjaan machining Body Caliper dan Support Mounting D38A dilakukan di dalam perusahaan PT.TDW, tepatnya di Line Sel 3 bersamaan dengan tipe lainnya yang berjalan di sel 3 adalah, APV, KZ. Sehingga terdapat tiga tipe produksi yang dapat dilakukan di sel 3.

Seluruh material casting Line Machining sel 3 mendapatkan material dari supplier casting PT.ATI melalui sistem Kanban. Sehingga tidak ada area untuk penyimpanan di perusahaan. Berikut adalah flow material body caliper dan support mounting dari before machining, hingga ke assembling dan delivery ke vendor.



Gambar 3.5 Flow material body caliper dan support mounting

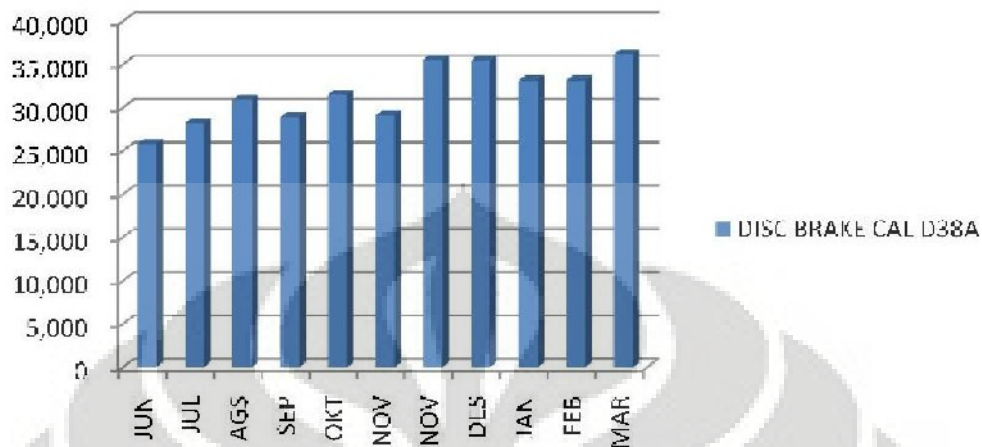
3.3 FORECAST DISC BRAKE D38A

PPC mendapatkan forecast banyaknya jumlah untuk melakukan kegiatan produksi yang harus dibuat dari Sales Departement. Dimana departemen sales mendapatkan forecast pembelian selama tiga bulan ke depan dari vendor seperti PT.YIMM, PT.ADM, PT.TMMIN, dll. Berdasarkan forecast yang diterima oleh sales dari vendor-vendornya, terdapat peningkatan produksi yang harus dibuat oleh PT.TDW di bulan November dan Desember 2008. (lihat gambar 3.6)

PT. In Mahama Miesesa		Checked		Approved									
FIX AND TENTATIVE ORDER Desember 2008													
AMFRON'S CHINA (SHANGHAI)													
NO	ITEM NUMBER	DESCRIPTION	MODEL	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
1	31-3434-200111	BODY BUSHING ASSEMBLY	D38A	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0
2	31-3434-200111	BODY BUSHING ASSEMBLY	D38A	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0
PT. ASTRA PABRIKASI MOTOR													
NO	ITEM NUMBER	DESCRIPTION	MODEL	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
1	17710-82010	DISC BRAKE P/B	D38A	12,811	14,110	14,600	14,400	16,750	14,600	13,800	10,800	13,800	12,700
2	17720-82010	DISC BRAKE P/B	D38A	2,811	14,110	14,400	14,400	17,750	14,400	13,800	14,300	13,800	12,200
Total													
Total				15,622	28,220	29,000	28,800	34,500	29,000	27,600	25,100	28,600	24,900
Total				31,244	56,440	58,000	57,600	69,000	58,000	55,200	50,200	57,200	49,800

Gambar 3.6 Fix and Tentative order D38A - Des 2008

DISC BRAKE CAL D38A



Gambar 3.7 Chart Fix and Tentative order D38A - Des 2008

Dari chart diatas, dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan untuk produksi di PT.TDW pada bulan November dan Desember. Dimana pada bulan Oktober, permintaan produksi D38A sebesar 31500 unit mengalami kenaikan pada bulan November menjadi 35520 unit dan bulan Desember sebesar 35448 unit.

Peningkatan sebesar 12,76% di lini produksi adalah suatu aktifitas yang perluantisipasi dan perencanaan yang matang, karena apabila tidak diantisipasi selain delivery menjadi tidak terkontrol, biaya operasional produksi akan bertambah dikarenakan banyak hal seperti Overtime tinggi, Over Head produksi tinggi, dll.

3.5 URUTAN PROSES MACHINING SEL

Untuk menghasilkan suatu produk *Body caliper* dan *Support Mounting* di line machining sel 3. Terdapat beberapa urutan proses machining yang harus dilalui terlebih dahulu. Dimana urutan tersebut saling berkaitan antara sebelum dan sesudahnya. Urutan proses *machining Body caliper* dan *Support Mounting* di sel 3 adalah sebagai berikut (Lihat tabel 3.1) :

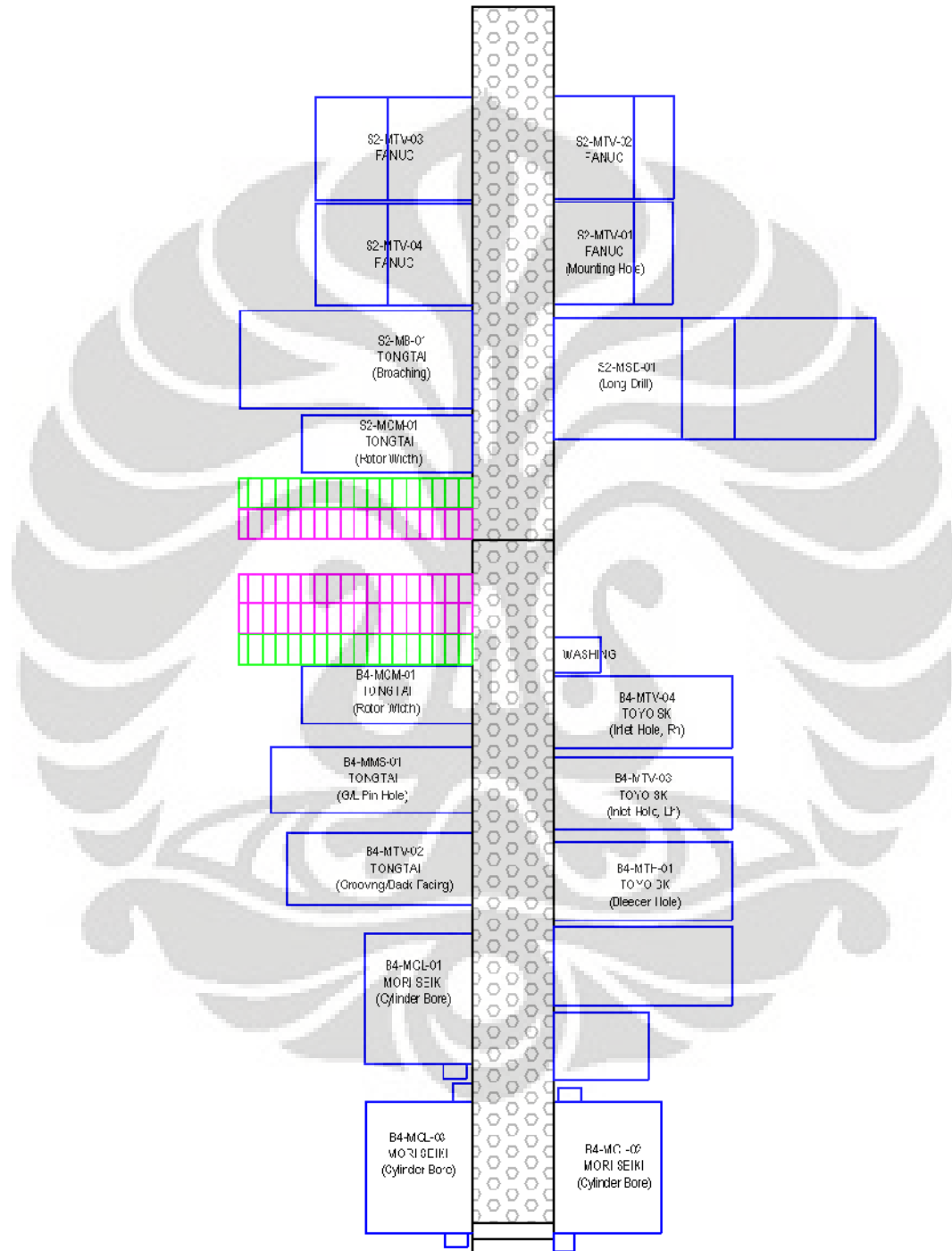
Tabel 3.1 Urutan proses machining sel 3

Machining Body Caliper		
<i>Urutan</i>	<i>Nama proses</i>	<i>Jumlah proses per line</i>
1	Rotor Width	1 mesin
2	G/L Hole drill	1 mesin
3	Groove	1 mesin
4	Cyl. Bore	3 mesin
5	Bleeder hole	1 mesin (Double pallet)
6	Inlet hole	2 mesin

Machining Support Mounting		
<i>Urutan</i>	<i>Nama proses</i>	<i>Jumlah proses per line</i>
1	Rotor Width	1 mesin
2	Pad Guide	1 mesin
3	Mounting hole	3 mesin
4	Guide & Lock hole	2 mesin

Setiap proses yang dijalankan untuk menghasilkan produk hasil *machining* harus berurutan, dengan tujuan agar produk yang dihasilkan tidak ada yang terlewatkan dan juga sistem dapat berjalan.

3.6 LAYOUT LINE MACHINING SEL 3

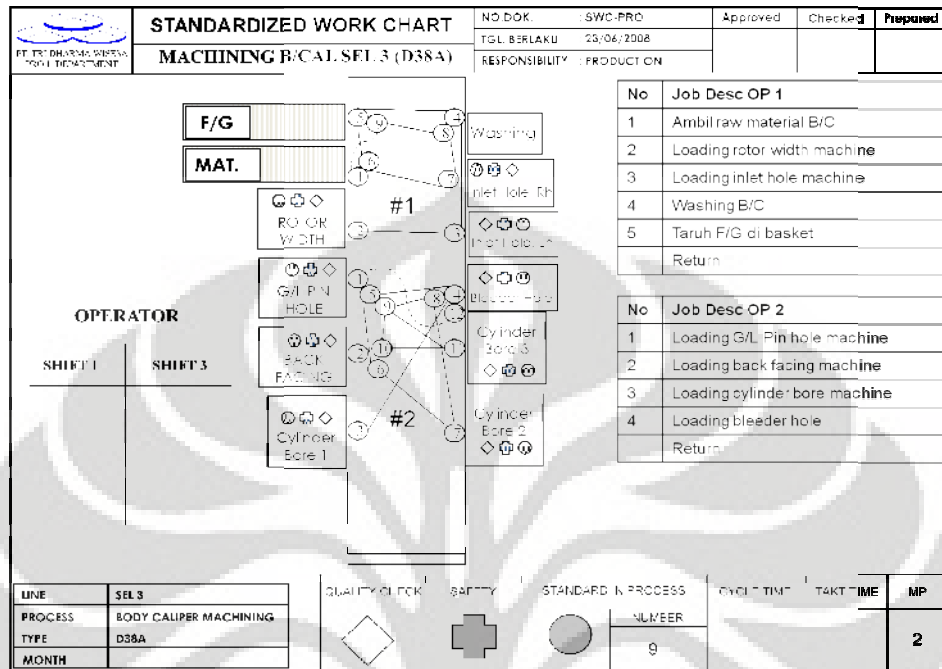
SEL 3

Gambar 3.8 Layout machining sel 3

(Sumber : PT. Tri Dharma Wisesa)

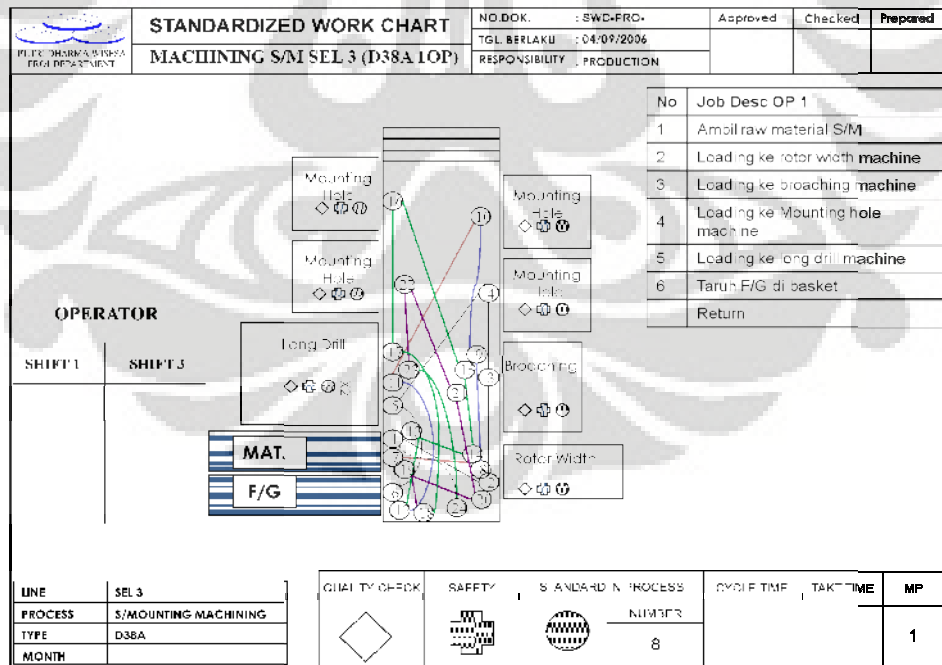
3.7 STANDARD WORK CHART

3.7.1 Standard work chart Machining Body Caliper Sel



Gambar 3.9 SWC Machining Body Caliper

3.7.2 Standard work chart Machining Support Mounting Sel 3



Gambar 3.10 SWC Machining Support Mounting

3.8 OPERATOR MACHINING SEL 3

Line machining Sel 3 terdiri atas dua orang operator untuk machining Body Caliper dan satu orang operator untuk machining support mounting.

3.8.1 Operator Machining Body Caliper 1

Operasi kerja operator machining body caliper 1 adalah :

1. Mengambil raw material dari shooter material in. Lalu jalan menuju mesin Rotor Width.
2. Unload material finish di mesin Rotor Width, lalu loading material dari shooter material inn ke mesin Rotor Width untuk di proses. Lalu jalankan proses Rotor Width dengan mengaktifkan *switch start*. Simpan material finish Rotor Width di conveyor. Lalu jalan menuju mesin Inlet 1.
3. Ambil material finish Cyl. Bore di conveyor yang diberi dari operator Body Caliper 2. Unload material finish di mesin Inlet 1, lalu loading material dari mesin Cyl. Bore ke mesin Inlet 1 untuk di proses. Lalu jalankan proses Inlet 1 dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin washing dengan membawa material hasil finish Inlet 1.
4. Spray material finish Inlet 1 dengan pistol angin yang telah disediakan untuk mengeringkan material dari coolant. Cek kualitas visual. Lalu jalan menuju shooter material finish. Dan simpan material finish ke dalam basket finish. Lalu jalan menuju shooter material in.
5. Mengambil raw material dari shooter material in. Lalu jalan menuju mesin Rotor Width.
6. Unload material finish di mesin Rotor Width, lalu loading material dari shooter material inn ke mesin Rotor Width untuk di proses. Lalu jalankan proses Rotor Width dengan mengaktifkan *switch start*. Simpan material finish Rotor Width di conveyor. Lalu jalan menuju mesin Inlet 2.
7. Ambil material finish Cyl. Bore di conveyor yang diberi dari operator Body Caliper 2. Unload material finish di mesin Inlet 2, lalu loading material dari mesin Cyl. Bore ke mesin Inlet 2 untuk di proses. Lalu jalankan proses Inlet 2 dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin washing dengan membawa material hasil finish Inlet 1.

8. Spray material finish Inlet 2 dengan pistol angin yang telah disediakan untuk mengeringkan material dari coolant. Cek kualitas visual. Lalu jalan menuju shooter material finish dengan mengaktifkan *switch start*. Dan simpan material finish ke dalam basket finish. Lalu jalan menuju shooter material in.
9. Unload material finish di mesin Grooving, lalu loading material dari mesin G/L Pin Hole ke mesin Grooving untuk di proses. Lalu jalankan proses Grooving dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin Cylinder Bore.

3.8.2 Operator Machining Body Caliper 2

1. Unload material finish di mesin G/L Pin Hole, lalu loading material dari mesin Rotor Width ke mesin G/L Pin Hole untuk di proses. Lalu jalankan proses G/L Pin Hole dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin Grooving.
2. Unload material finish di mesin Grooving, lalu loading material dari mesin G/L Pin Hole ke mesin Grooving untuk di proses. Lalu jalankan proses Grooving dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin Cylinder Bore 1.
3. Unload material finish di mesin Cylinder Bore 1, lalu loading material dari mesin G/L Pin Hole ke mesin Cylinder Bore 1 untuk di proses. Lalu jalankan proses Cylinder Bore 1 dengan mengaktifkan *switch start*. Taruh material finish Cylinder Bore 1 di *conveyor* untuk diberikan ke operator 1. Jalan menuju mesin G/L Pin Hole.
4. Unload material finish di mesin G/L Pin Hole, lalu loading material dari mesin Rotor Width ke mesin G/L Pin Hole untuk di proses. Lalu jalankan proses G/L Pin Hole dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin Grooving.
5. Unload material finish di mesin Grooving, lalu loading material dari mesin G/L Pin Hole ke mesin Grooving untuk di proses. Lalu jalankan proses Grooving dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin Cylinder Bore 2.
6. Unload material finish di mesin Cylinder Bore 2, lalu loading material dari mesin G/L Pin Hole ke mesin Cylinder Bore 2 untuk di proses. Lalu jalankan proses Cylinder Bore 2 dengan mengaktifkan *switch start*. Taruh material

finish Cylinder Bore 2 di *conveyor* untuk diberikan ke operator 1. Jalan menuju mesin G/L Pin Hole.

7. Unload material finish di mesin G/L Pin Hole, lalu loading material dari mesin Rotor Width ke mesin G/L Pin Hole untuk di proses. Lalu jalankan proses G/L Pin Hole dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin Grooving.
8. Unload material finish di mesin Grooving, lalu loading material dari mesin G/L Pin Hole ke mesin Grooving untuk di proses. Lalu jalankan proses Grooving dengan mengaktifkan *switch start*. Jalan menuju mesin Cylinder Bore 3.
9. Unload material finish di mesin Cylinder Bore 3, lalu loading material dari mesin G/L Pin Hole ke mesin Cylinder Bore 3 untuk di proses. Lalu jalankan proses Cylinder Bore 3 dengan mengaktifkan *switch start*. Taruh material finish Cylinder Bore 3 di *conveyor* untuk diberikan ke operator 3. Jalan menuju mesin G/L Pin Hole.

3.8.3 Operator Machining Support Mounting

- 1 Mengambil raw material dari shooter material in. Lalu jalan menuju mesin Rotor Width.
- 2 Unload material finish di mesin Rotor Width, lalu loading material dari shooter material inn ke mesin Rotor Width untuk di proses. Lalu jalankan proses Rotor Width dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin Pad Guide.
- 3 Unload material finish di mesin Pad Guide, lalu loading material dari finish Rotor Width ke mesin Pad Guide untuk di proses. Lalu jalankan proses Pad Guide dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin Mounting Hole 1.
- 4 Unload material finish di mesin Mounting Hole 1, lalu loading material dari finish Pad Guide ke mesin Mounting Hole 1 untuk di proses. Lalu jalankan proses Mounting Hole 1 dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin shooter finish dengan membawa produk.
- 5 Simpan material di basket finish, lalu berjalan menuju shooter material in untuk membawa material ke mesin Rotor Width.

- 6 Unload material finish di mesin Rotor Width, lalu loading material dari shooter material inn ke mesin Rotor Width untuk di proses. Lalu jalankan proses Rotor Width dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin Pad Guide.
- 7 Unload material finish di mesin Pad Guide, lalu loading material dari finish Rotor Width ke mesin Pad Guide untuk di proses. Lalu jalankan proses Pad Guide dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin Mounting Hole 2.
- 8 Unload material finish di mesin Mounting Hole 2, lalu loading material dari finish Pad Guide ke mesin Mounting Hole 2 untuk di proses. Lalu jalankan proses Mounting Hole 2 dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin shooter finish dengan membawa produk.
- 9 Simpan material di basket finish, lalu berjalan menuju shooter material in untuk membawa material ke mesin Rotor Width.
- 10 Unload material finish di mesin Rotor Width, lalu loading material dari shooter material inn ke mesin Rotor Width untuk di proses. Lalu jalankan proses Rotor Width dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin Pad Guide.
- 11 Unload material finish di mesin Pad Guide, lalu loading material dari finish Rotor Width ke mesin Pad Guide untuk di proses. Lalu jalankan proses Pad Guide dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin Mounting Hole 3.
- 12 Unload material finish di mesin Mounting Hole 3, lalu loading material dari finish Pad Guide ke mesin Mounting Hole 1 untuk di proses. Lalu jalankan proses Mounting Hole 3 dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin shooter finish dengan membawa produk.
- 13 Simpan material di basket finish, lalu berjalan menuju shooter material in untuk membawa material ke mesin Rotor Width.
- 14 Unload material finish di mesin Rotor Width, lalu loading material dari shooter material inn ke mesin Rotor Width untuk di proses. Lalu jalankan proses Rotor Width dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin Pad Guide.

- 15 Unload material finish di mesin Pad Guide, lalu loading material dari finish Rotor Width ke mesin Pad Guide untuk di proses. Lalu jalankan proses Pad Guide dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin Mounting Hole 4.
- 16 Unload material finish di mesin Mounting Hole 4, lalu loading material dari finish Pad Guide ke mesin Mounting Hole 4 untuk di proses. Lalu jalankan proses Mounting Hole 4 dengan mengaktifkan *switch start*. Lalu jalan menuju mesin shooter finish dengan membawa produk.
- 17 Simpan material di basket finish, lalu berjalan menuju shooter material in untuk membawa material ke mesin Rotor Width.

3.9 DATA PROSES MACHINE TIME SEL 3

Yang dimaksud dengan Machine Time disini adalah suatu satuan waktu untuk proses yang terjadi dalam satu kali machining dari awal program berjalan hingga akhir program selesai. Karena semua mesin yang dipakai di Sel 3 adalah mesin CNC Machining Centre⁶. Maka, sudah secara otomatis terdapat counter waktu proses dari awal program berjalan hingga akhir program selesai. Dan untuk menjalankan proses yang sama, maka waktunya adalah sama. Sehingga tidak mungkin ada perubahan waktu abnormal, kecuali dengan merubah program prosesnya.

Dalam hal ini, penulis telah mencatat waktu untuk proses machining Body Caliper dan Support Mounting di Sel 3. Data Machine Time (MT) tersebut adalah sbb :

⁶ Computer numerical control (CNC) is a computer "controller" that reads G-code and M-code commands and drives a machine tool, a powered mechanical device typically used to fabricate components by the selective removal of material. CNC does numerically directed interpolation of a cutting tool in the work envelope of a machine. The operating parameters of the CNC can be altered via the Master Control Unit (MCU) of the machine.

Tabel 3.2 Data *machine time* sel 3 (Sumber : Produksi machining PT.TDW)

MACH TIME SEL 3		MACHINE TIME (detik)		
		Tipe D38A	Tipe APV/D99	Tipe KZ
		MT	MT	MT
BODY CALIPER				
1	ROTOR WIDTH	29	25	34
2	G/L PIN HOLE	23	30	24
3	BACK FACING	27	26	22
4a	CYL. BORE 1	83	83	104
4b	CYL. BORE 2	84	91	104
4c	CYL. BORE 3	85	83	104
5a	BLEEDER INLET	57	56	67
5b	BLEEDER INLET	56	53	64
SUPPORT MOUNTING				
1	ROTOR WIDTH	28	26	35
2	PAD GUIDE	28	21	27
3a	MOUNTING HOLE 1	100	100	104
3b	MOUNTING HOLE 2	100	102	95
3c	MOUNTING HOLE 3	100	102	98
3d	MOUNTING HOLE 4	100	104	27
4	LONG DRILL	39	37	36

Waktu diatas 0,10 detik = pembulatan ke atas

3.10 WAKTU OPERASI PRODUKSI MACHINING SEL 3

Pada dasarnya waktu normal kerja produksi machining sel 3 saat ini adalah sebagai berikut.

- Hari kerja produksi adalah 5 hari. Mulai dari hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, dan Jum'at.
- Waktu kerja produksi terdiri dari dua shift

Shift 1 (Senin – Kamis) : Pkl. 07:30 WIB s/d 16:15 WIB, dan

Shift 1 (Jumat) : Pkl. 07:30 WIB s/d 16:30 WIB

Shift 3 (Senin – Jumat) : Pkl. 00:00 WIB s/d 07:30 WIB

- Waktu istirahat produksi adalah

Istirahat shift 1 :

1. Pada Pkl.10:00WIB – Pkl.10:10 WIB
2. Pada Pkl.11:45WIB – Pkl.12:30 WIB
3. Pada Pkl.14:30WIB – Pkl.14:40 WIB

Istirahat shift 1 :

1. Pada Pkl.03:00WIB – Pkl.03:30 WIB

Waktu kerja diatas hari dan jam diatas adalah Over Time.

3.11 DATA 40 CYCLE SEL 3

Untuk mengetahui output produk finish machining di sel 3, penulis melakukan Time Study terhadap waktu Cycle Time proses untuk semua tipe (D38A, APV, dan KZ). Dan berikut adalah data yang diperoleh, dimana data ini diambil pada hari Kamis dan Jumat, tanggal 20-21 November 2008.

3.11.1 Data 40 Cycle – Tipe D38A

Produk : Body Caliper D38A

Waktu/Tempat: 10:15 WIB / Sel 3

Operator : Juni, Amin

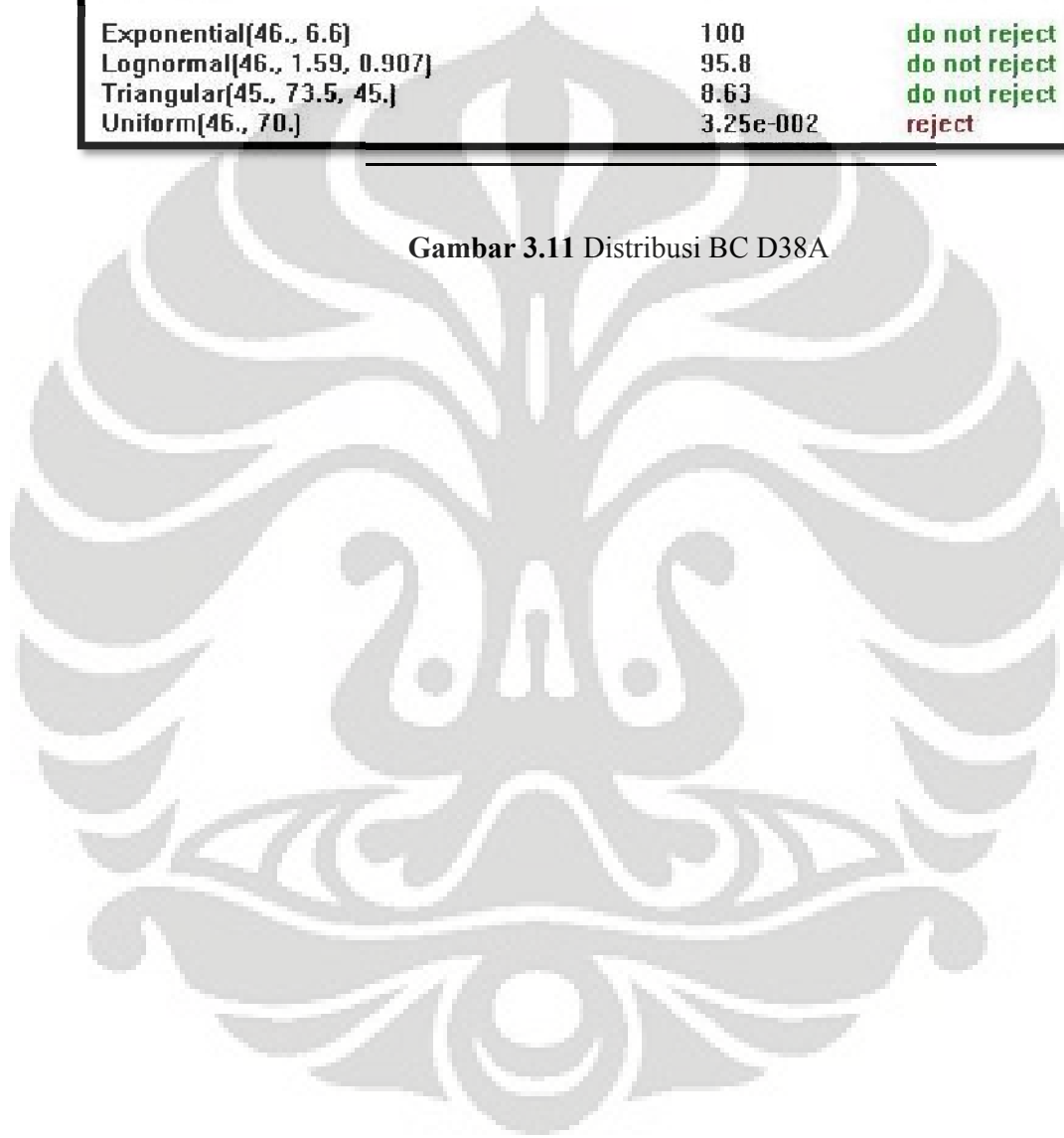
Tabel 3.3 40 Cycle body caliper D38A

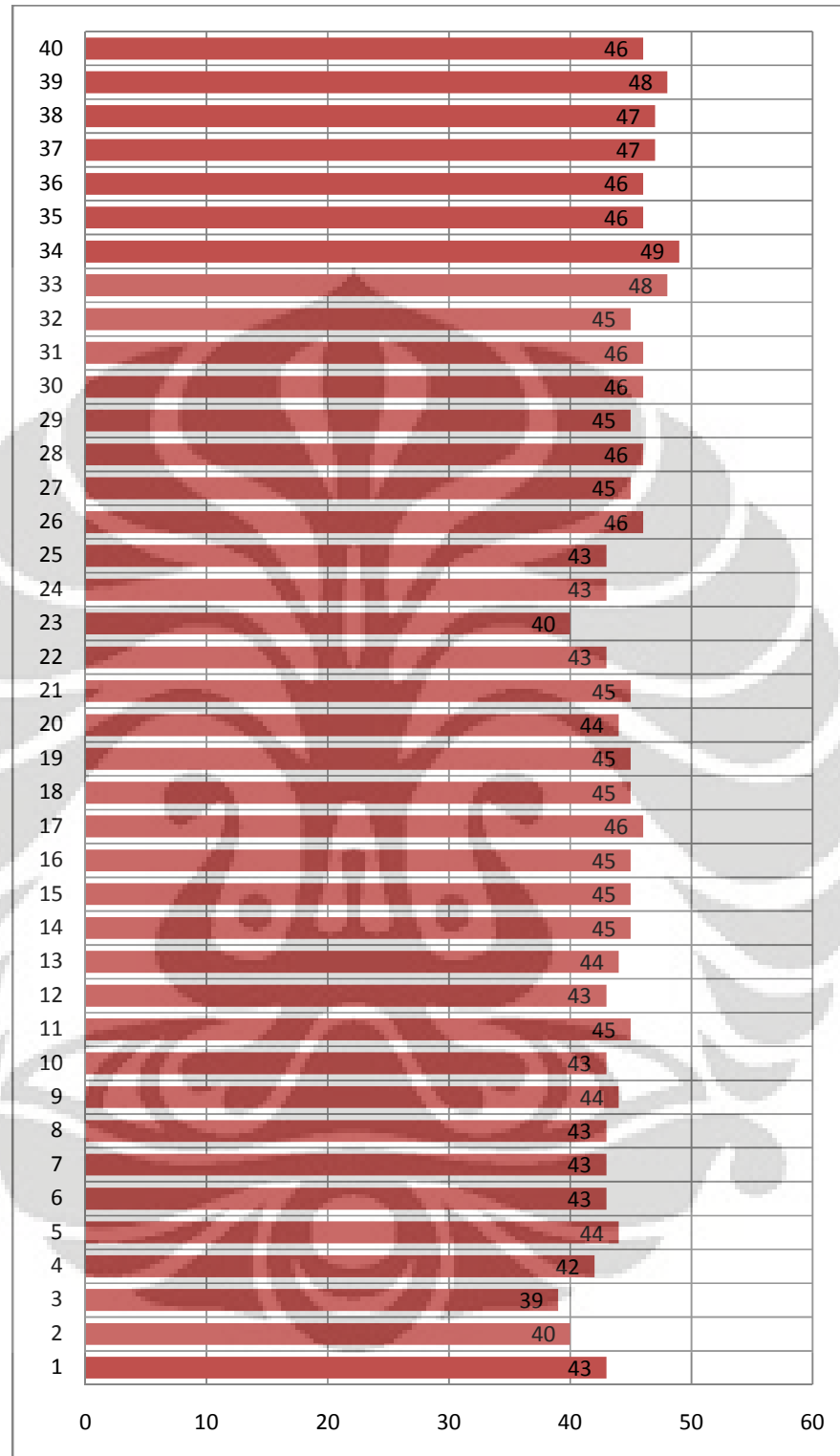
Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)
Cycle 1	46	Cycle 11	48	Cycle 21	48	Cycle 31	49
Cycle 2	48	Cycle 12	47	Cycle 22	47	Cycle 32	48
Cycle 3	47	Cycle 13	48	Cycle 23	47	Cycle 33	47
Cycle 4	47	Cycle 14	51	Cycle 24	48	Cycle 34	48
Cycle 5	46	Cycle 15	48	Cycle 25	47	Cycle 35	46
Cycle 6	47	Cycle 16	53	Cycle 26	48	Cycle 36	48
Cycle 7	60	Cycle 17	48	Cycle 27	48	Cycle 37	48
Cycle 8	70	Cycle 18	49	Cycle 28	48	Cycle 38	48
Cycle 9	50	Cycle 19	48	Cycle 29	52	Cycle 39	49
Cycle 10	46	Cycle 20	47	Cycle 30	49	Cycle 40	47

Berdasarkan dari data diatas, maka variable yang keluar adalah
46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 60,70

distribution	rank	acceptance
Exponential[46., 6.6]	100	do not reject
Lognormal[46., 1.59, 0.907]	95.8	do not reject
Triangular[45., 73.5, 45.]	8.63	do not reject
Uniform[46., 70.]	3.25e-002	reject

Gambar 3.11 Distribusi BC D38A





Gambar 3.12 Chart 40 Cycle Body Caliper D38A

3.11.2 Data 40 Cycle – Tipe D38A

Produk : Support Mounting D38A

Waktu/Tempat: 14:45 WIB / Sel 3

Operator : Deni

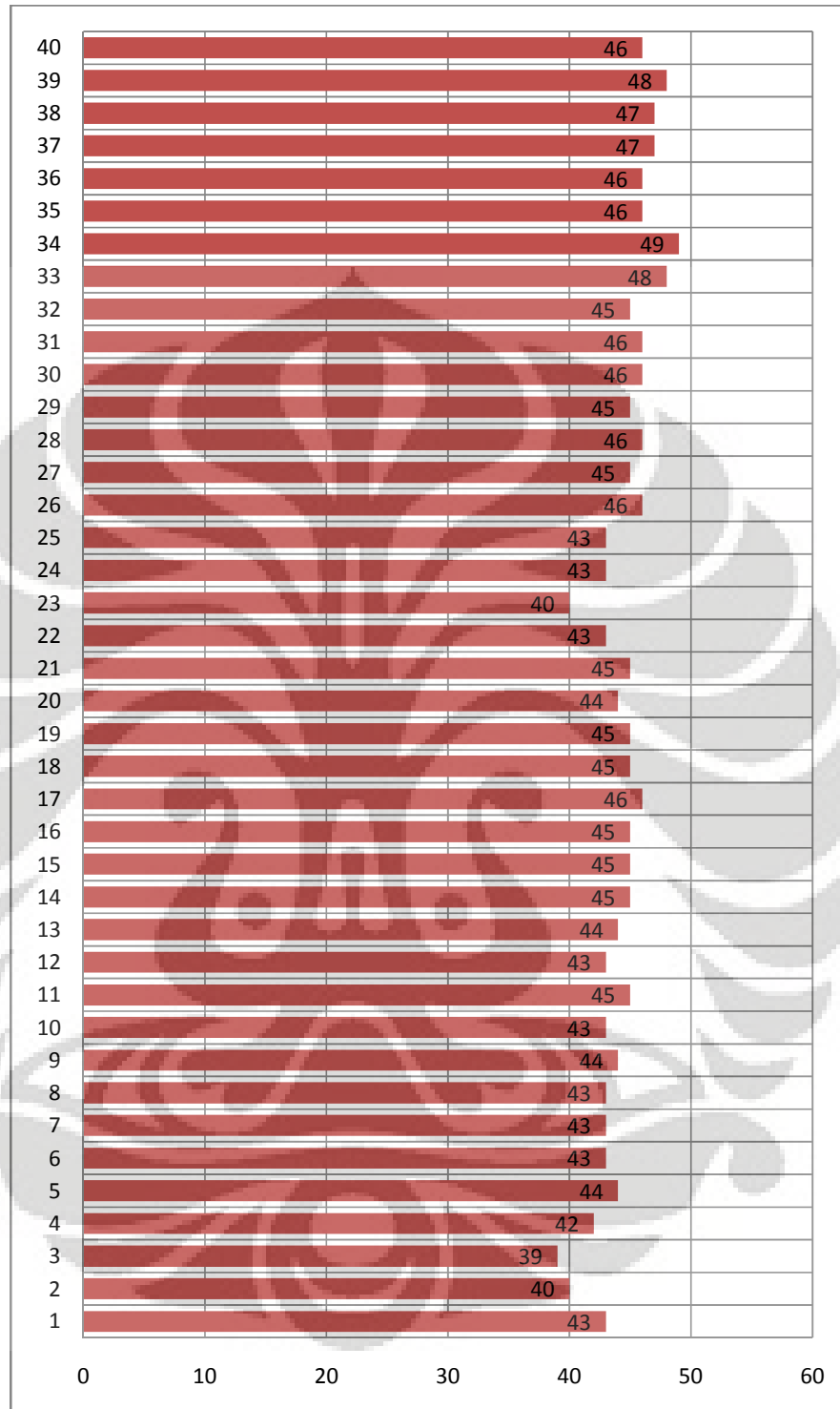
Tabel 3.15 Tabel 40 Cycle Support Mounting D38A

Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)
Cycle 1	43	Cycle 11	45	Cycle 21	45	Cycle 31	46
Cycle 2	40	Cycle 12	43	Cycle 22	43	Cycle 32	45
Cycle 3	39	Cycle 13	44	Cycle 23	40	Cycle 33	48
Cycle 4	42	Cycle 14	45	Cycle 24	43	Cycle 34	49
Cycle 5	44	Cycle 15	45	Cycle 25	43	Cycle 35	46
Cycle 6	43	Cycle 16	45	Cycle 26	46	Cycle 36	46
Cycle 7	43	Cycle 17	46	Cycle 27	45	Cycle 37	47
Cycle 8	43	Cycle 18	45	Cycle 28	46	Cycle 38	47
Cycle 9	44	Cycle 19	45	Cycle 29	45	Cycle 39	48
Cycle 10	43	Cycle 20	44	Cycle 30	46	Cycle 40	46

Berdasarkan dari data diatas, maka variable yang keluar adalah
39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Uniform[39., 49.]	99.7	do not reject
Lognormal[39., 1.6, 0.674]	79.4	do not reject
Triangular[38., 49.6, 48.4]	55.4	do not reject

Gambar 3.13 Distribusi SM D38A



Gambar 3.14 Chart 40 Cycle Support Mounting D38A

3.11.3 Data 40 Cycle – Tipe APV

Produk : Body Caliper APV

Waktu/Tempat: 09:05 WIB / Sel 3

Operator : Juni, Amin

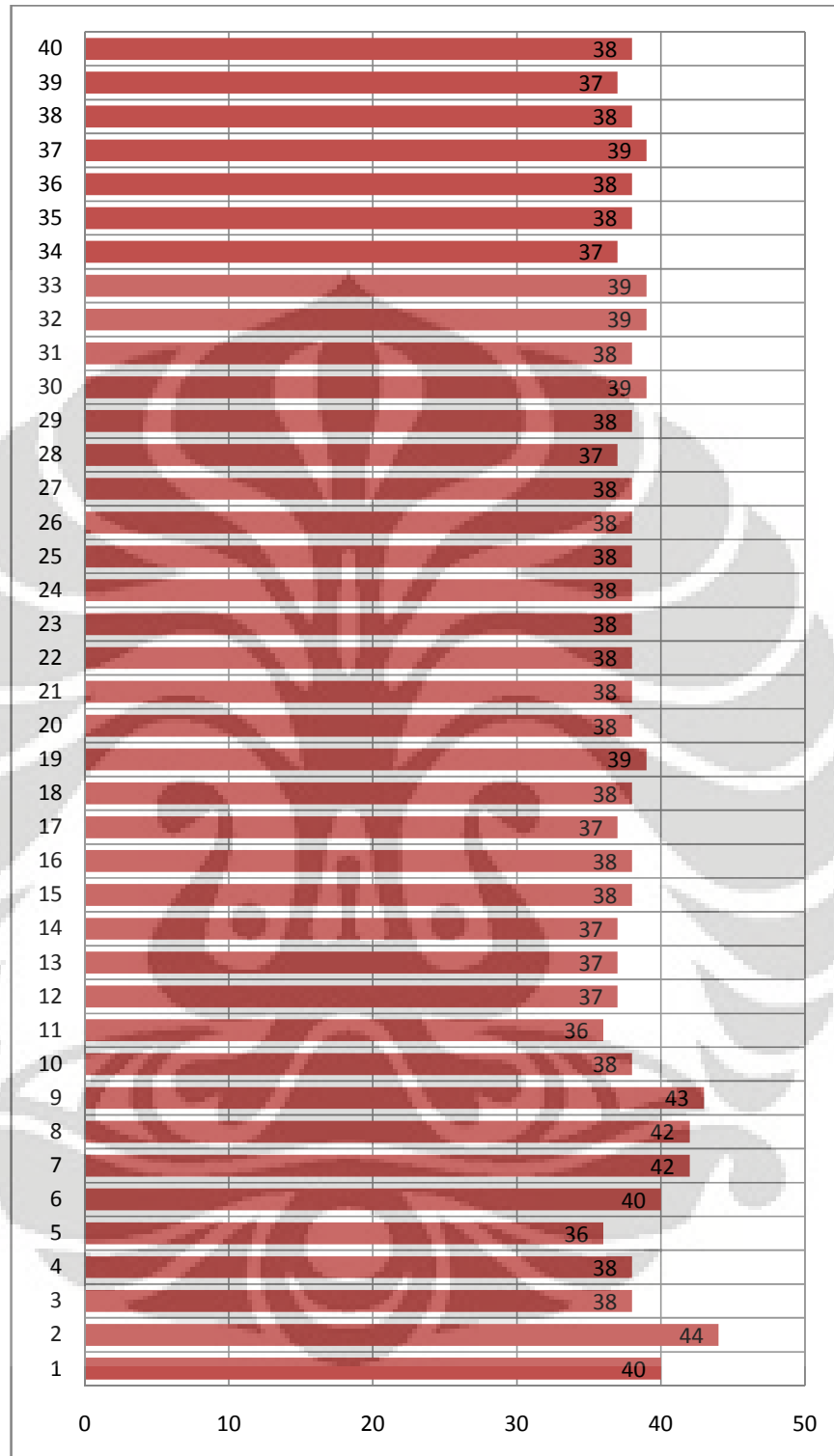
Tabel 3.5 40 Cycle Body Caliper APV

Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)
Cycle 1	40	Cycle 11	36	Cycle 21	38	Cycle 31	38
Cycle 2	44	Cycle 12	37	Cycle 22	45	Cycle 32	39
Cycle 3	38	Cycle 13	41	Cycle 23	44	Cycle 33	39
Cycle 4	38	Cycle 14	37	Cycle 24	38	Cycle 34	37
Cycle 5	36	Cycle 15	38	Cycle 25	38	Cycle 35	38
Cycle 6	40	Cycle 16	38	Cycle 26	38	Cycle 36	43
Cycle 7	42	Cycle 17	37	Cycle 27	38	Cycle 37	39
Cycle 8	42	Cycle 18	38	Cycle 28	37	Cycle 38	38
Cycle 9	43	Cycle 19	39	Cycle 29	38	Cycle 39	37
Cycle 10	38	Cycle 20	38	Cycle 30	39	Cycle 40	38

Berdasarkan dari data diatas, maka variable yang keluar adalah
36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal[-256, 5.69, 9.7e-003]	99.9	do not reject
Uniform[36., 45.]	99.6	do not reject
Normal[40.5, 2.87]	99.5	do not reject
Triangular[34.7, 47.1, 39.]	94.	do not reject
Exponential[36., 4.5]	72.5	do not reject

Gambar 3.15 Distribusi BC APV



Gambar 3.16 Chart 40 Cycle Body Caliper APV

3.11.4 Data 40 Cycle – Tipe APV / D99

Produk : Support Mounting APV/D99

Waktu/Tempat: 11:15 WIB / Sel 3

Operator : Deni

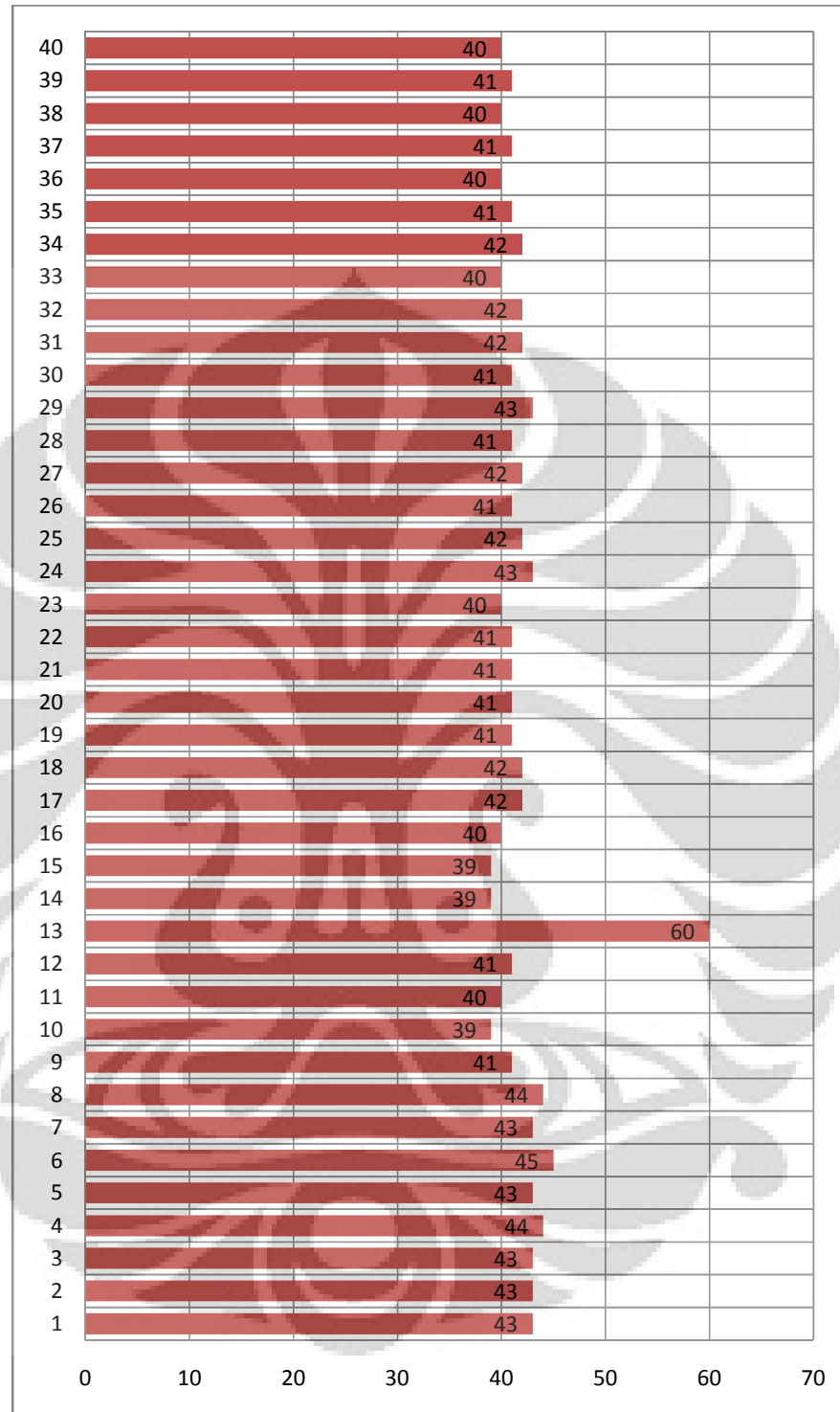
Tabel 3.6 40 Cycle Support Mounting APV

Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)
Cycle 1	43	Cycle 11	40	Cycle 21	41	Cycle 31	42
Cycle 2	43	Cycle 12	41	Cycle 22	41	Cycle 32	42
Cycle 3	43	Cycle 13	60	Cycle 23	40	Cycle 33	40
Cycle 4	44	Cycle 14	49	Cycle 24	43	Cycle 34	42
Cycle 5	43	Cycle 15	39	Cycle 25	42	Cycle 35	41
Cycle 6	45	Cycle 16	40	Cycle 26	41	Cycle 36	47
Cycle 7	43	Cycle 17	42	Cycle 27	42	Cycle 37	41
Cycle 8	44	Cycle 18	42	Cycle 28	41	Cycle 38	40
Cycle 9	41	Cycle 19	41	Cycle 29	43	Cycle 39	41
Cycle 10	39	Cycle 20	41	Cycle 30	41	Cycle 40	40

Berdasarkan dari data diatas, maka variable yang keluar adalah
39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 49, 60

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Exponential[39., 6.]	100	do not reject
Lognormal[39., 1.56, 0.85]	90.4	do not reject
Triangular[38., 63.1, 38.]	30.6	do not reject
Uniform[39., 60.]	0.251	reject

Gambar 3.17 Distribusi SM APV



Gambar 3.18 Chart 40 Cycle Support Mounting APV

3.11.5 Data 40 Cycle – Tipe KZ

Produk : Body Caliper KZ

Waktu/Tempat: 10:15 WIB / Sel 3

Operator : Juni, Amin

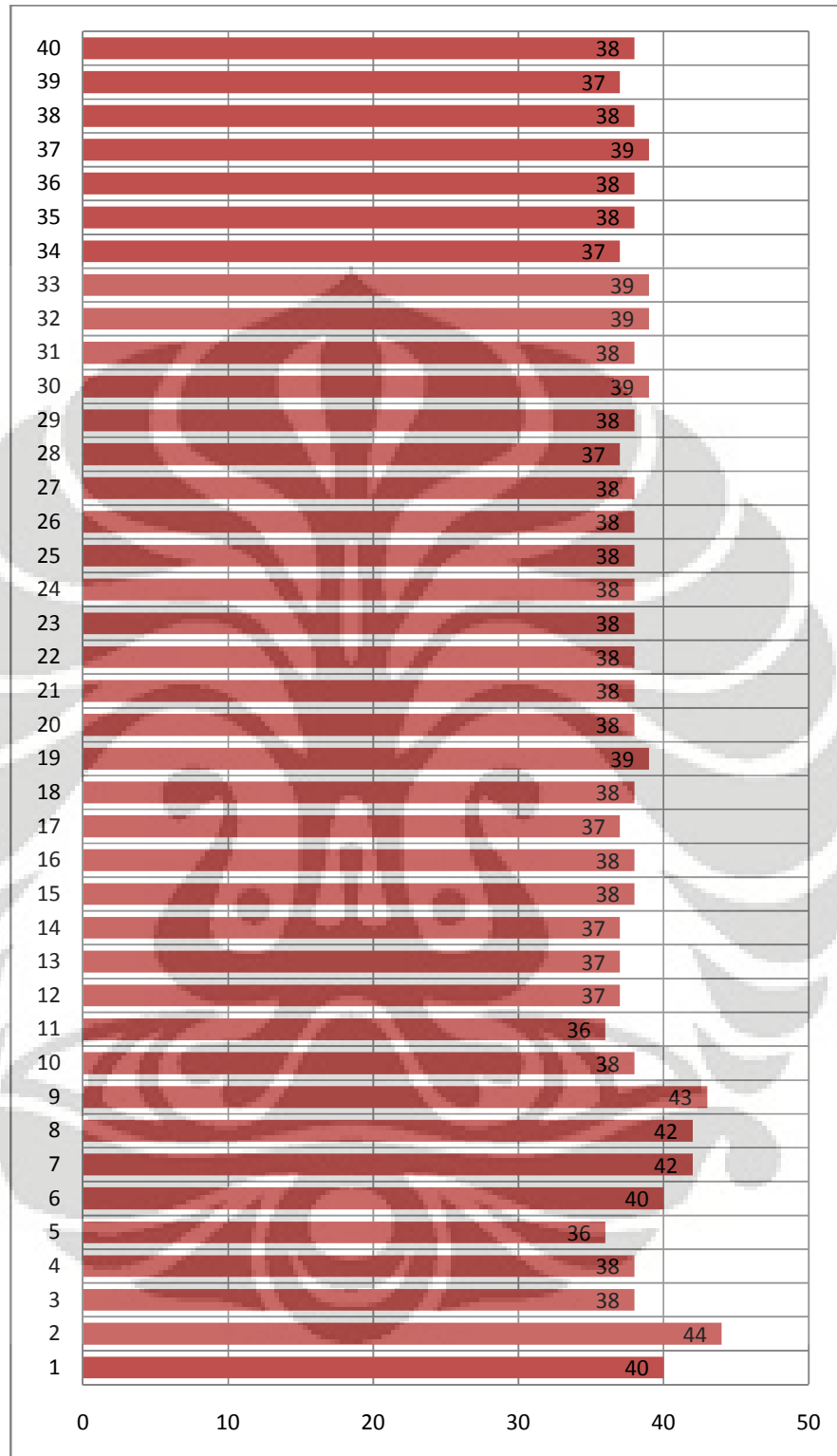
Tabel 3.7 40 Cycle Body Caliper KZ

Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)
Cycle 1	40	Cycle 11	36	Cycle 21	38	Cycle 31	38
Cycle 2	44	Cycle 12	37	Cycle 22	46	Cycle 32	39
Cycle 3	38	Cycle 13	37	Cycle 23	45	Cycle 33	39
Cycle 4	38	Cycle 14	37	Cycle 24	38	Cycle 34	37
Cycle 5	36	Cycle 15	38	Cycle 25	38	Cycle 35	38
Cycle 6	40	Cycle 16	38	Cycle 26	38	Cycle 36	38
Cycle 7	42	Cycle 17	37	Cycle 27	38	Cycle 37	39
Cycle 8	42	Cycle 18	38	Cycle 28	37	Cycle 38	38
Cycle 9	43	Cycle 19	39	Cycle 29	38	Cycle 39	37
Cycle 10	38	Cycle 20	38	Cycle 30	39	Cycle 40	38

Berdasarkan dari data diatas, maka variable yang keluar adalah
36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Uniform(36., 46.)	100	do not reject
Lognormal(36., 1.5, 0.732)	81.9	do not reject
Exponential(36., 5.)	69.4	do not reject
Triangular(35., 49.4, 36.4)	53.8	do not reject

Gambar 3.19 Distribusi BC KZ



Gambar 3.20 Chart 40 Cycle Body Caliper KZ

3.11.6 Data 40 Cycle – Tipe KZ

Produk : Support Mounting KZ

Waktu/Tempat: 10:15 WIB / Sel 3

Operator : Deni

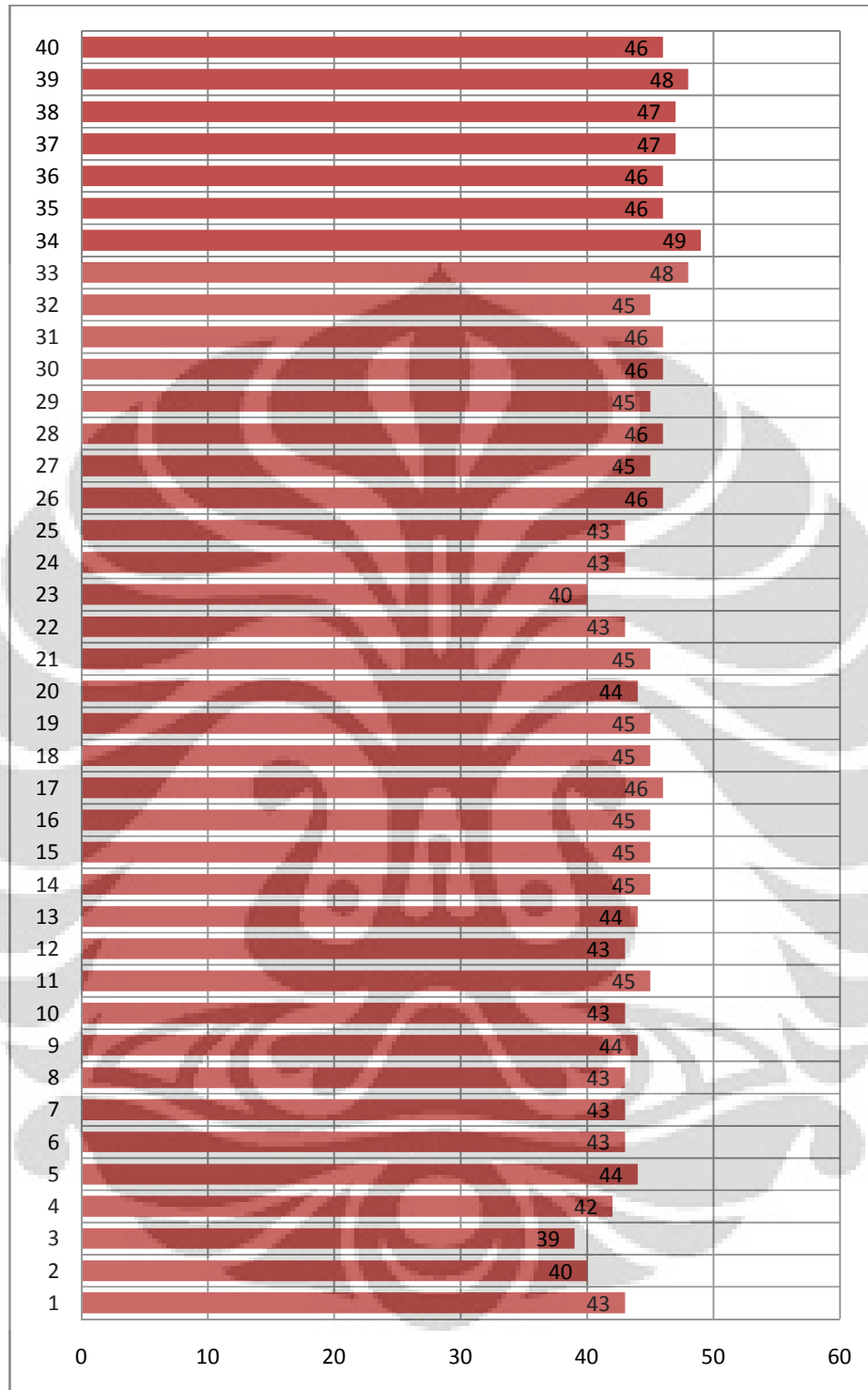
Tabel 3.8 40 Cycle Support Mounting KZ

Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)
Cycle 1	43	Cycle 11	45	Cycle 21	45	Cycle 31	46
Cycle 2	40	Cycle 12	43	Cycle 22	43	Cycle 32	45
Cycle 3	39	Cycle 13	44	Cycle 23	40	Cycle 33	48
Cycle 4	42	Cycle 14	45	Cycle 24	43	Cycle 34	49
Cycle 5	44	Cycle 15	45	Cycle 25	43	Cycle 35	46
Cycle 6	43	Cycle 16	45	Cycle 26	46	Cycle 36	46
Cycle 7	43	Cycle 17	46	Cycle 27	45	Cycle 37	47
Cycle 8	43	Cycle 18	45	Cycle 28	46	Cycle 38	47
Cycle 9	44	Cycle 19	45	Cycle 29	45	Cycle 39	48
Cycle 10	43	Cycle 20	44	Cycle 30	46	Cycle 40	46

Berdasarkan dari data diatas, maka variable yang keluar adalah
39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Uniform(39., 49.)	99.7	do not reject
Lognormal(39., 1.6, 0.674)	79.4	do not reject
Triangular(38., 49.6, 48.4)	55.4	do not reject

Gambar 3.21 Distribusi SM KZ



Gambar 3.22 Chart 40 Cycle Support Mounting KZ

3.12 WAKTU DANDORI

Ketika terjadinya pergantian tipe atau biasa disebut *dandory* di line machining sel 3, maka produksi berhenti sementara untuk mempersiapkan tipe selanjutnya yang akan dijalankan oleh produksi. Waktu yang digunakan tersebut, sangat mempengaruhi output yang dihasilkan pada hari itu. Sehingga semakin cepat pergantian tipe, maka waktu yang terbuang juga semakin sedikit. Dan berikut adalah waktu pergantian yang telah diambil menggunakan metode *time study* di *line machining* sel 3.

Tabel 3.9 Rekapitulasi waktu dandory sel 3

Dandory	Waktu	Dandory	Waktu
Dandory 1	385	Dandory 6	438
Dandory 2	300	Dandory 7	368
Dandory 3	350	Dandory 8	489
Dandory 4	368	Dandory 9	479
Dandory 5	297	Dandory 10	442

Dengan menggunakan Auto-Fit pada software ProModel kita dapat mengetahui distrusi yang akan dipakai. Dan berikut adalah hasil dari distribusi dari rekapitulasi waktu *dandory*.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal[-902, 7.16, 5.02e-002]	100	do not reject
Uniform[297, 489]	89.7	do not reject
Triangular[260, 538, 368]	81.9	do not reject
Exponential[297, 94.6]	56.2	do not reject

Gambar 3.23 Distribusi dandory sel 3

BAB 4 PEMODELAN DAN EKSPERIMEN

4.1 TUJUAN PEMBUATAN MODEL

Sebelum membuat model dan melakukan eksperimen, sangatlah penting bagi perancang untuk menetapkan tujuan yang akan dicapai dalam merancang model tersebut. Pada saat ini, penulis akan menjelaskan tujuan dari model yang dibuat antara lain.

- Model ini dibuat untuk menganalisa kapasitas produksi ketika terjadi peningkatan kapasitas pada tipe D38A terhadap dua tipe lain, yaitu tipe APV/D99 dan tipe KZ di Line Machining Sel 3.
- Periode yang akan di analisa adalah periode yang terjadi pada Machining Sel 3 untuk bulan November 2008.
- Model ini dibuat untuk membantu para pihak yang terkait, terutama berkaitan langsung dengan peningkatan kapasitas produksi. Seperti Dept. Produksi Machining (sebagai pelaksana kegiatan produksi machining), Dept. PPC (sebagai perencana jadwal dan pengaturan schedule dan suplai), Dept. Engineering (sebagai supporting untuk melakukan improvement), dsb.

Selain tujuan diatas, pembuatan model ini juga bertujuan untuk membantu melakukan analisa dengan biaya yang tidak terlalu besar apabila dibandingkan dengan melakukan trial langsung di Line Machining Sel 3.

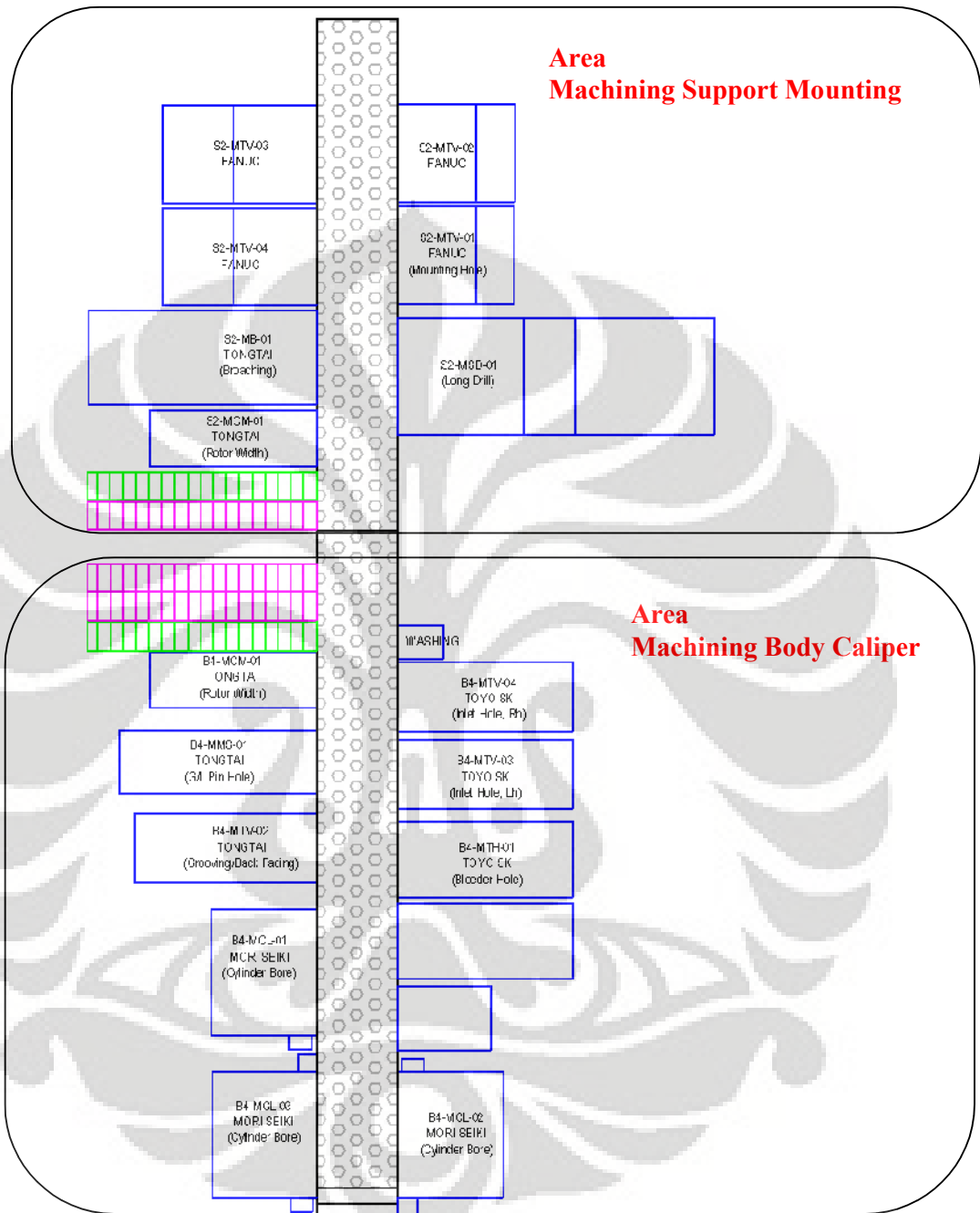
4.2 FORMULASI MODEL

Dalam memodelkan situasi Line Machining Sel 3, hal pertama yang disiapkan adalah mempersiapkan Layout dari Line Machining Sel 3 tersebut. Lalu membuat sistem yang berjalan di dalamnya. Seperti flow operator, flow material, waktu proses yang terjadi, dsb. Dalam hal ini, penulis menggunakan software untuk modeling Line Machining Sel 3 dengan menggunakan ProModel 6.0.

4.2.1 Location

Lokasi yang digunakan dalam model ini adalah, Layout Line Machining Sel 3. Merupakan tempat untuk melakukan proses Machining Body Caliper dan Support Mounting tipe D38A.

SEL 3



Gambar 4.1 Layout machining sel 3

Layout Line Machining Sel 3 ini terbagi atas dua bagian besar area machining, yaitu Area Machining Body Caliper dan Area Machining Support Mounting.

4.2.2 Entities

Meskipun fokus penelitian pada saat ini adalah untuk tipe D38A, tetapi kondisi aktual yang ada di Line Machining Sel 3 terdapat dua tipe lain yang digunakan di Line Machining Sel 3 yaitu tipe APV dan KZ. Agar kondisi model sesuai dengan kondisi aktual, maka dua tipe APV dan KZ ikut digunakan dalam model ini.

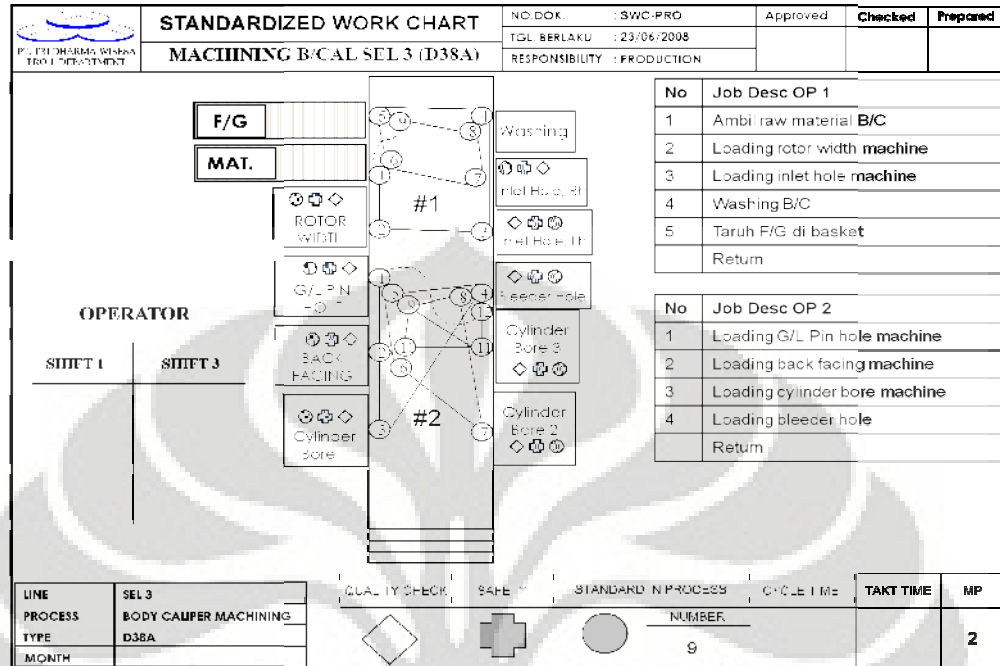
Sehingga Entities yang digunakan dalam pemodelan ini adalah seluruh material Body Caliper dan Support Mounting yang diproduksi di Line Machining Sel 3, yaitu

1. Body Caliper D38A
2. Support Mounting D38A
3. Body Caliper APV
4. Support Mounting APV
5. Body Caliper KZ
6. Support Mounting KZ

4.2.3 Path Network

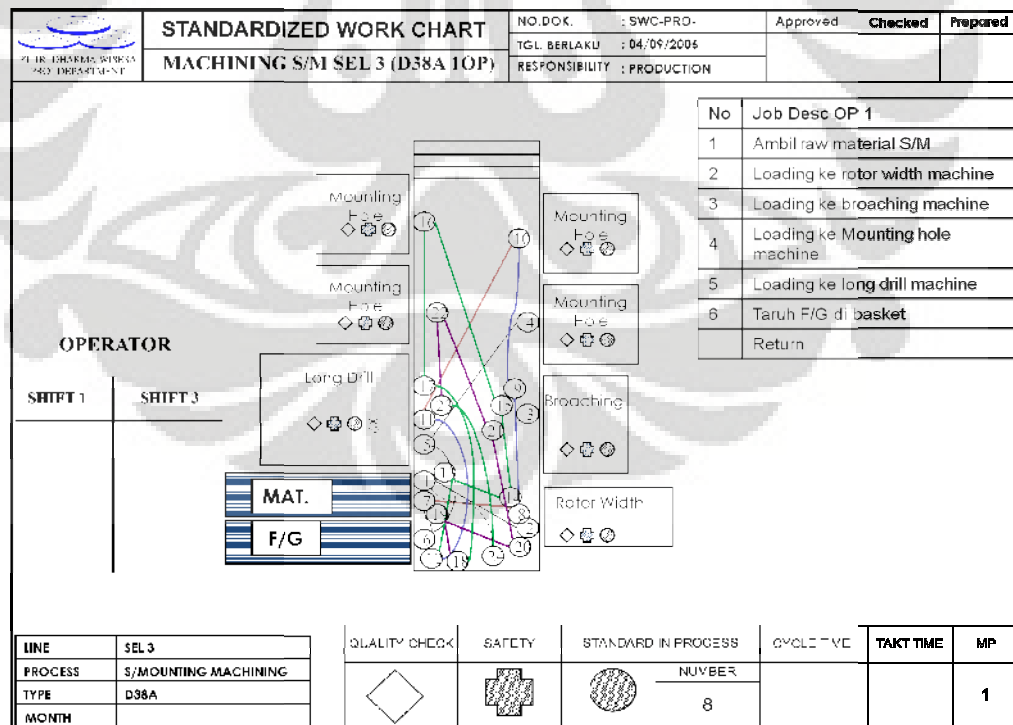
Karena penelitian ini menganalisa kondisi yang sudah berjalan, sehingga path network operator untuk model yang dibuat harus sama Path Network yang digunakan untuk memodelkan Line Machining Sel 3. Dan pada saat ini penulis menggunakan Standar Work Chart operator line machining sel 3 yang ada di PT. Tri Dharma Wisesa.

Standard work chart operator Machining Body Caliper Sel 3



Gambar 4.2 SWC operator machining body caliper

Standard work chart operator Machining Support Mounting Sel 3



Gambar 4.3 SWC operator machining body caliper

4.2.4 Resources

Untuk resource yang digunakan pada model ini adalah sesuai dengan kondisi yang terjadi di line machining sel 3. Terdapat tiga operator yang menjalankan line machining sel 3, dua orang untuk mengerjakan machining body caliper dan satu orang mengerjakan machining support mounting.

4.2.5 Processing

Karena penelitian ini akan fokus ke waktu, dan penelitian ini ingin mengetahui kondisi yang tidak optimal. Maka dalam processing ini, waktu yang digunakan untuk proses machiningnya adalah waktu mesin itu beroperasi dari awal operator mengaktifkan tombol start hingga program machining selesai. Adapun waktu *machine time* yang didapat adalah seperti berikut.

Tabel 4.1 *Machine Time* proses machining sel 3

MACH TIME SEL 3		MACHINE TIME (detik)		
		Tipe D38A	Tipe APV	Tipe KZ
		MT	MT	MT
BODY CALIPER				
1	ROTOR WIDTH	29	25	34
2	G/L PIN HOLE	23	30	24
3	BACK FACING	27	26	22
4a	CYL. BORE 1	83	83	104
4b	CYL. BORE 2	84	91	104
4c	CYL. BORE 3	85	83	104
5a	BLEEDER INLET	57	56	67
5b	BLEEDER INLET	56	53	64
SUPPORT MOUNTING				
1	ROTOR WIDTH	28	26	35
2	PAD GUIDE	28	21	27
3a	MOUNTING HOLE 1	100	100	104
3b	MOUNTING HOLE 2	100	102	95
3c	MOUNTING HOLE 3	100	102	98
3d	MOUNTING HOLE 4	100	104	27
4	LONG DRILL	39	37	36

4.2.6 *Arrivals*

Dalam model ini, karena yang akan dianalisa adalah kapasitas produksi. Dan tujuannya untuk mengetahui peningkatan kapasitas tipe D38A, serta pengaruhnya terhadap dua tipe lain yang ada di line machining sel 3. Maka untuk arrivals disetting dalam waktu machining yang dikehendaki yang dapat diatur waktunya. Sehingga dapat diketahui, misalkan berapa unit yang dapat dikerjakan untuk tipe D38A dalam waktu 3 jam? Adapun waktu yang disetting untuk tiga tipe, yaitu tipe D38A, tipe APV, dan tipe KZ.

4.2.7 *Shift*

Dalam model line machining sel 3 ini, agar waktu yang dieksperimenkan dapat mendekati dengan kondisi yang terjadi aktual. Maka waktu kerja dimasukkan dalam parameter tambahan sesuai dengan waktu kerjaoperator line machining sel 3. Adapun waktu kerja operator tersebut adalah

- Hari kerja produksi adalah 5 hari. Mulai dari hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, dan Jum'at.

- Waktu kerja produksi terdiri dari dua shift

Shift 1 (Senin – Kamis) : Pkl. 07:30 WIB s/d 16:15 WIB,

Shift 1 (Jumat) : Pkl. 07:30 WIB s/d 16:30 WIB

Shift 3 (Senin – Jumat) : Pkl. 00:00 WIB s/d 07:30 WIB

- Waktu istirahat produksi adalah

Waktu Istirahat shift 1:

- Pada Pkl.10:00WIB – Pkl.10:10 WIB

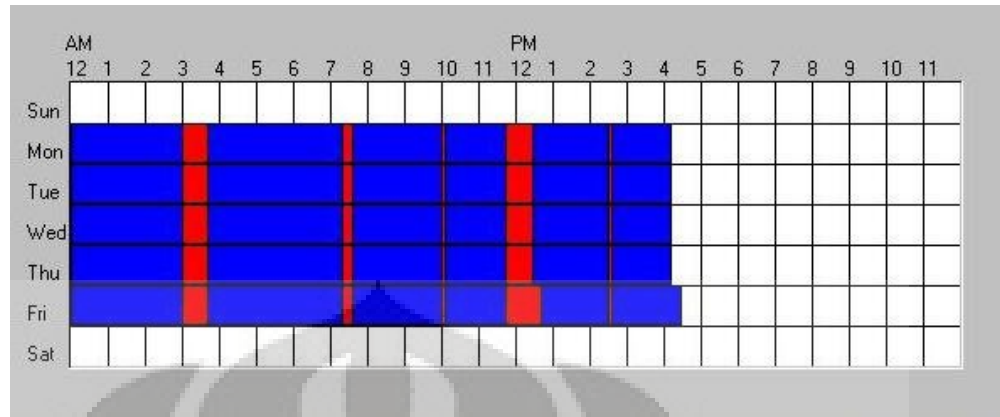
- Pada Pkl.11:45WIB – Pkl.12:30 WIB

- Pada Pkl.14:30WIB – Pkl.14:40 WIB

Waktu Istirahat shift 3:

- Pada Pkl.03:00WIB – Pkl.03:30 WIB

Waktu kerja diatas hari dan jam diatas adalah Over Time.



Gambar 4.4 Waktu kerja operator machining sel 3

4.2.8 Attributes

Pada model ini, karena line machining sel 3 menggunakan berbagai macam tipe. Maka attributes digunakan untuk membantu dalam terjadinya perubahan tipe. Pada model ini, attributes terbagi atas dua macam, yaitu

1. Tipe BC (Type : Integer);(Class : Entity)
2. Tipe SM (Type : Integer);(Class : Entity)

4.2.9 Variables (Global)

Pada model ini, variables dibutuhkan untuk memvisualisasikan output dari finish body caliper dan support mounting. Adapun variable yang digunakan adalah

1. Finish Body Caliper D38A
2. Finish Support Mounting D38A
3. Finish Body Caliper APV
4. Finish Support Mounting APV
5. Finish Body Caliper KZ
6. Finish Support Mounting KZ

Sehingga dengan dibuatkan variables ini, diharapkan dapat membantu dalam melakukan analisa.

4.3 VERIFIKASI DAN VALIDASI MODEL

4.3.1 Verifikasi Model

Tahap verifikasi dilakukan untuk melihat apakah model yang dibuat saat disimulasikan akan memberikan hasil yang sesuai harapan atau tidak. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk menentukan kesesuaian model dengan hasil dari formulasi yang seharusnya. Dalam model ini dilakukan:

a. Melihat debugging pada model

Tahap ini dilakukan dengan melihat apakah saat model disimulasikan terdapat perintah debugging dari model. Bila terdapat peringatan tersebut maka masih terdapat faktor yang kurang sesuai dalam model. Bila tidak ada debugging maka model dapat berjalan. Untuk mengetahui apakah *logic* pada tiap proses dapat berjalan maka digunakan fungsi *trace* yang akan melacak tiap *logic* satu persatu sehingga dapat diketahui bila terdapat *logic* yang tidak sesuai dengan konsep model.

b. Memeriksa kesesuaian model dengan formulasi model

Untuk menentukan kesesuaian hasil simulasi dengan formulasi yang dimasukkan dalam model dapat dilihat dari nilai variabel hasil dari formulasi seperti berikut:

- Memastikan bahwa *machine time* pada line machining sel 3 adalah sama dengan variable yang dibuat dalam process operation.
- Memastikan jumlah *unit pieces/hours* yang didapatkan oleh masing-masing tipe adalah sama atau mendekati dengan aktual yang dihasilkan di line machining sel 3. Jumlah *unit pieces/hours* aktual dapat didapatkan dari hasil time study di line machining sel 3.

c. Melihat animasi yang dihasilkan model

- Mengamati apakah model telah berjalan sesuai keadaan aslinya atau tidak secara visual. Pengamat melihat apakah *resource* telah berjalan dalam path yang benar.

Dengan melihat hasil verifikasi maka dapat ditentukan bahwa model line machining sel 3 telah lulus uji verifikasi.

4.3.2 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk mengetahui kesesuaian model dengan sistem nyatanya. Karena tujuan dari model ini adalah untuk menghitung kapasitas di line machining sel 3 maka untuk menvalidasi model ini dapat dilihat dari beberapa hal berikut:

- Memastikan jumlah *unit pieces/hours* yang didapatkan oleh masing-masing tipe adalah sama atau mendekati dengan aktual yang dihasilkan di line machining sel 3. Jumlah *unit pieces/hours* aktual dapat didapatkan dari hasil time study di line machining sel 3 dan history minimal selama satu minggu sebelumnya.
 - Pada saat ini, produksi machining sel 3 dalam waktu operasinya telah mempunyai dan menetapkan target *unit pieces/hours* adalah sebagai berikut :
 - Mach. Body Caliper dan Support Mounting D38 : 95 unit pieces/hours
 - Mach. Body Caliper dan Support Mounting APV : 85 unit pieces/hours
 - Mach. Body Caliper dan Support Mounting KZ : 95 unit pieces/hours
- Model Line Machining Sel 3 ini dapat memenuhi persyaratan uji validasi diatas sehingga model ini dapat dinyatakan valid.

4.3 SIMULASI DAN ANALISA MODEL

Model line machininig sel 3 ini merupakan gambaran dari kondisi ideal sistem yang terjadi di produksi. Dengan ditentukannya *machine time* dalam variable proses. Maka output yang ideal adalah waktu proses terlama dari urutan proses yang ada. Tetapi, dengan mengambil histori data dari line machininig sel 3 selama satu bulan. Kemudian membandingka waktu ideal dengan waktu aktual, akan didapatkan effisiensi yang nanti selisihnya merupakan kondisi yang harus di *improve* agar output produksi bertambah.

Seperti yang dibahas dalam tujuan model sebelumnya bahwa simulasi yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah, untuk mengetahui kondisi produksi machining sel 3 dengan menggunakan tiga tipe dengan waktu kerja normal (tanpa adanya overtime) dan mengikuti schedule produksi machininig pada bulan november 2008.

Schedule produksi machining sel 3 adalah sbb :

Tabel 4.2 Schedule machining sel 3

BODY CALIPER			JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV
Q'ty (pcs)	D 38 A	Lh	13400	13588	14881	13994	14504	15784
		Rh	13400	13588	14837	13994	14504	15784
	Total D38A		26800	27176	29718	27988	29008	31568
	APV	Lh	4232	3822	3974	3648	4432	4284
		Rh	4232	3822	3974	3648	4432	4284
	Total APV		8464	7644	7948	7296	8864	8568
	KZ	Lh	232	438	582	206	500	78
		Rh	232	438	582	206	500	78
	Total KZ		464	876	1164	412	1000	156

Suport Mounting ALL			JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV
Q'ty (pcs)	D 38 A	-	26808	27280	29712	27922	30174	31746
	APV	-	8679	7318	7922	6852	8944	8568
	KZ	KZ Lh	160	424	618	222	498	98
		KZ Rh	160	424	626	222	498	98

Pada bulan November jumlah hari kerja adalah 21 hari kerja, jumlah jam kerja selama shift 1 dan shift 3 adalah 14 jam. Sehingga untuk dilakukan simulasi satu hari (dua shift yaitu shift 1 dan shift 3) maka pembagiannya pada variabelnya adalah

- Body Caliper D38A sebanyak 1504 unit pieces
- Body Caliper APV sebanyak 408 unit pieces, dan
- Body Caliper KZ sebanyak 8 unit pieces
- Support mounting D38A sebanyak 1512 unit pieces
- Support mounting APV sebanyak 408 unit pieces
- Support mounting KZ sebanyak 10 unit pieces

4.4 SKENARIO DAN PEMODELAN

Pada penulisan ini, untuk mengetahui keputusan yang tepat dari kondisi yang sudah diketahui diatas. Maka akan dibuatkan beberapa skenario dan alternatif yang akan dilakukan dalam model tersebut.

- Skenario pertama :

Akan dijalankan, model dengan kondisi yang ada. Yaitu produksi dengan waktu kerja dua shift (yaitu shift pagi dan shift malam)

- Skenario kedua :

Akan dijalankan, model dengan kondisi waktu produksi adalah tiga shift. Yaitu shift pagi, shift sore, dan shift malam.

- Skenario ketiga :

Dilakukan penambahan mesin terhadap proses yang menjadi *bottle neck*.

Setelah melakukan simulasi dengan variable yang telah ditentukan, ternyata kapasitas produksi normal (2 shift tanpa overtime) dengan jumlah schedule pada bulan november 2008 untuk machining body caliper dan support mounting D38A tidak mencapai target yang diinginkan, masih terdapat minus produksi yang cukup banyak.

Sedangkan hasil dari pelaksanaan skenario dua, yaitu berproduksi dengan menggunakan waktu kerja tiga shift. Target produksi dapat tercapai, dan masih terdapat waktu sisa selama 1,5 jam.

Dan untuk pelaksanaan skenario yang ke tiga, yaitu dengan menambahkan mesin untuk proses yang *bottle neck*. Hasilnya target produksi akan tercapai dalam dua shift, tetapi setiap proses yang ada di line sel 3 harus ditambahkan masing-masing satu mesin.

BAB 5 KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Dari seluruh kegiatan yang dilakukan dalam skripsi ini, dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Diperoleh pendekatan simulasi line machining body caliper dan support mounting D38A dengan menggunakan software ProModel untuk memenuhi schedule produksi machining sel 3 pada bulan November.
- Didapatkan hasil pendekatan simulasi line machining sel 3 dengan menjalankan tiga tipe produksi, yaitu tipe D38A, tipe APV, dan tipe KZ.
- Untuk mencapai target pada bulan November, maka produksi harus merubah dari dua shift menjadi tiga shift (21 hari kerja). Atau dengan menginvestasikan mesin masing-masing satu untuk tiap prosesnya.

5.2 SARAN

Dari tiga skenario yang telah dilakukan, dan terdapat dua keputusan yang dapat dipilih. Penulis menyarankan, apabila keputusan yang akan diambil adalah dengan menginvestasikan mesin. Maka perlu diperhatikan pula produksi machining sel 3 di tahun 2009. Sehingga dalam perencanaan akan menjadi lebih terarah dengan tujuan perusahaan.

DAFTAR REFERENSI

Greasly, A. 2005. "Using System Dynamics in A Discrete-Event Simulation Study of A Manufacturing Plant", dalam *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 25.

Harrell, Charles, B. K. Ghosh, dan R. Bowden. 2000. *Simulation Using ProModel*, ed. ke-3. Boston: McGraw-Hill.

"Integration Definition for Function Modeling (IDEF0)", dalam *Draft Federal Information Processing Standards Publication 183*, National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce, Springfield. 1994.

Levin, R. I. dan D. S. Rubin. 1998. *Statistics for Management*, ed. ke-7. New Jersey: Prentice-Hall.

Schrage, Michael. *Serious Play: How the World's Best Companies Simulate to Innovate*. 2000. USA: President and Fellows of Harvard College.

Sadoun, Balqies. 2005. "Optimizing the Operation of A Toll Plaza System Using Simulation: A Methodology", dalam *Simulation*, Vol. 81, Issue 9. Al-Salt: Al-Balqa' Applied University.

goodness of fit

data points	10
estimates	maximum likelihood estimates
accuracy of fit	3.e-004
level of significance	5.e-002

summary

distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Exponential(46., 6.6)	0.146	1.85
Lognormal(46., 1.59, 0.907)	0.161	2.14
Triangular(45., 73.5, 45.)	0.317	0.913
Uniform(46., 70.)	0.508	8.22

detail

Exponential		
minimum	=	46. [fixed]
beta	=	6.6
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.146
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.963
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		9
ad stat		1.85
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.111
result		DO NOT REJECT

Lognormal		
minimum	=	46. [fixed]
mu	=	1.59359
sigma	=	0.9071

Kolmogorov-Smirnov

data points	10
-------------	----

ks stat	0.146
---------	-------

alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.924
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		9
ad stat		2.14
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		7.72e-002
result		DO NOT REJECT
Triangular		
minimum	=	45. [fixed]
maximum	=	73.5008
mode	=	45.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.317
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.215
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		10
ad stat		0.913
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.407
result		DO NOT REJECT
Uniform		
minimum	=	46. [fixed]
maximum	=	70.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.508
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		6.41e-003
result		REJECT
Anderson-Darling		
data points		8
ad stat		8.22
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49

p-value
result

0.
REJECT



goodness of fit

data points	10
estimates	maximum likelihood estimates
accuracy of fit	3.e-004
level of significance	5.e-002

summary

distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Lognormal(39., 1.6, 0.674)	0.191	2.58
Triangular(38., 49.6, 48.4)	0.202	0.914
Uniform(39., 49.)	0.1	3.75

detail

Lognormal

minimum	=	39. [fixed]
mu	=	1.60125
sigma	=	0.674432

Kolmogorov-Smirnov

data points	10
ks stat	0.191
alpha	5.e-002
ad stat(10,5.e-002)	0.409
p-value	0.793
result	DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points	9
ad stat	2.58
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	4.49e-002
result	REJECT

Triangular

minimum	=	38. [fixed]
maximum	=	49.5789
mode	=	48.4211

Kolmogorov-Smirnov

data points	10
-------------	----

ks stat	0.202
---------	-------

alpha	5.e-002
ad stat(10,5.e-002)	0.409
p-value	0.74
result	DO NOT REJECT
Anderson-Darling	
data points	10
ad stat	0.914
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	0.406
result	DO NOT REJECT
Uniform	
minimum =	39. [fixed]
maximum =	49.
Kolmogorov-Smirnov	
data points	10
ks stat	0.1
alpha	5.e-002
ad stat(10,5.e-002)	0.409
p-value	1.
result	DO NOT REJECT
Anderson-Darling	
data points	8
ad stat	3.75
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	1.15e-002
result	REJECT

goodness of fit

data points	10
estimates	maximum likelihood estimates
accuracy of fit	3.e-004
level of significance	5.e-002

summary

distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Exponential(36., 4.5)	0.189	2.22
Lognormal(-256, 5.69, 9.7e-003)	0.108	0.173
Normal(40.5, 2.87)	0.108	0.173
Triangular(34.7, 47.1, 39.)	0.139	0.274
Uniform(36., 45.)	0.1	3.65

detail

Exponential		
minimum	=	36.
beta	=	4.5
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.189
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.805
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		9
ad stat		2.22
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		7.01e-002
result		DO NOT REJECT

Lognormal		
minimum	=	-255.679
mu	=	5.69092
sigma	=	9.69841e-003
Kolmogorov-Smirnov		

ks stat		0.108
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.999
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		10
ad stat		0.173
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.996
result		DO NOT REJECT
Normal		
mean	=	40.5
sigma	=	2.87228
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.108
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.999
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		10
ad stat		0.173
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.996
result		DO NOT REJECT
Triangular		
minimum	=	34.7386
maximum	=	47.1163
mode	=	39.0028
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.139
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.975
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		10
ad stat		0.274
alpha		5.e-002

ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	0.957
result	DO NOT REJECT

Uniform

minimum =	36.
maximum =	45.

Kolmogorov-Smirnov

data points	10
ks stat	0.1
alpha	5.e-002
ad stat(10,5.e-002)	0.409
p-value	1.
result	DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points	8
ad stat	3.65
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	1.29e-002
result	REJECT

goodness of fit

data points	10
estimates	maximum likelihood estimates
accuracy of fit	3.e-004
level of significance	5.e-002

summary

distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Exponential(39., 6.)	0.1	1.8
Lognormal(39., 1.56, 0.85)	0.166	2.12
Triangular(38., 63.1, 38.)	0.22	0.636
Uniform(39., 60.)	0.424	7.55

detail

Exponential		
minimum	=	39. [fixed]
beta	=	6.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.1
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		1.
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		9
ad stat		1.8
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.118
result		DO NOT REJECT

Lognormal		
minimum	=	39. [fixed]
mu	=	1.5562
sigma	=	0.850436

Kolmogorov-Smirnov

data points	10
-------------	----

ks stat	0.166
---------	-------

alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.904
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		9
ad stat		2.12
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		7.85e-002
result		DO NOT REJECT
Triangular		
minimum	=	38. [fixed]
maximum	=	63.0807
mode	=	38.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.22
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.644
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		10
ad stat		0.636
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.615
result		DO NOT REJECT
Uniform		
minimum	=	39. [fixed]
maximum	=	60.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.424
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		3.82e-002
result		REJECT
Anderson-Darling		
data points		8
ad stat		7.55
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49

p-value
result

0.
REJECT



goodness of fit

data points 10
 estimates maximum likelihood estimates
 accuracy of fit 3.e-004
 level of significance 5.e-002

summary

distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Exponential(36., 5.)	0.199	2.16
Lognormal(36., 1.5, 0.732)	0.18	2.46
Triangular(35., 49.4, 36.4)	0.206	0.418
Uniform(36., 46.)	0.1	3.76

detail

Exponential
 minimum = 36. [fixed]
 beta = 5.
 Kolmogorov-Smirnov
 data points 10
 ks stat 0.199
 alpha 5.e-002
 ad stat(10,5.e-002) 0.409
 p-value 0.755
 result DO NOT REJECT
 Anderson-Darling
 data points 9
 ad stat 2.16
 alpha 5.e-002
 ad stat(5.e-002) 2.49
 p-value 7.5e-002
 result DO NOT REJECT

Lognormal
 minimum = 36. [fixed]
 mu = 1.49944
 sigma = 0.732198

Kolmogorov-Smirnov
 data points 10
 ks stat 0.18

alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.849
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		9
ad stat		2.46
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		5.19e-002
result		DO NOT REJECT
Triangular		
minimum	=	35. [fixed]
maximum	=	49.406
mode	=	36.4406
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.206
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.716
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		10
ad stat		0.418
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.831
result		DO NOT REJECT
Uniform		
minimum	=	36. [fixed]
maximum	=	46.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.1
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		1.
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		8
ad stat		3.76
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49

p-value
result

1.15e-002
REJECT



goodness of fit

data points	10
estimates	maximum likelihood estimates
accuracy of fit	3.e-004
level of significance	5.e-002

summary

distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Lognormal(39., 1.6, 0.674)	0.191	2.58
Triangular(38., 49.6, 48.4)	0.202	0.914
Uniform(39., 49.)	0.1	3.75

detail

Lognormal

minimum	=	39. [fixed]
mu	=	1.60125
sigma	=	0.674432

Kolmogorov-Smirnov

data points	10
ks stat	0.191
alpha	5.e-002
ad stat(10,5.e-002)	0.409
p-value	0.793
result	DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points	9
ad stat	2.58
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	4.49e-002
result	REJECT

Triangular

minimum	=	38. [fixed]
maximum	=	49.5789
mode	=	48.4211

Kolmogorov-Smirnov

data points	10
-------------	----

ks stat	0.202
---------	-------

alpha	5.e-002
ad stat(10,5.e-002)	0.409
p-value	0.74
result	DO NOT REJECT
Anderson-Darling	
data points	10
ad stat	0.914
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	0.406
result	DO NOT REJECT
Uniform	
minimum =	39. [fixed]
maximum =	49.
Kolmogorov-Smirnov	
data points	10
ks stat	0.1
alpha	5.e-002
ad stat(10,5.e-002)	0.409
p-value	1.
result	DO NOT REJECT
Anderson-Darling	
data points	8
ad stat	3.75
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	1.15e-002
result	REJECT

goodness of fit

data points 10
 estimates maximum likelihood estimates
 accuracy of fit 3.e-004
 level of significance 5.e-002

summary

distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Exponential(297, 94.6)	0.229	2.55
Lognormal(-902, 7.16, 5.02e-002)	0.167	0.322
Triangular(260, 538, 368)	0.189	0.425
Uniform(297, 489)	0.184	4.43

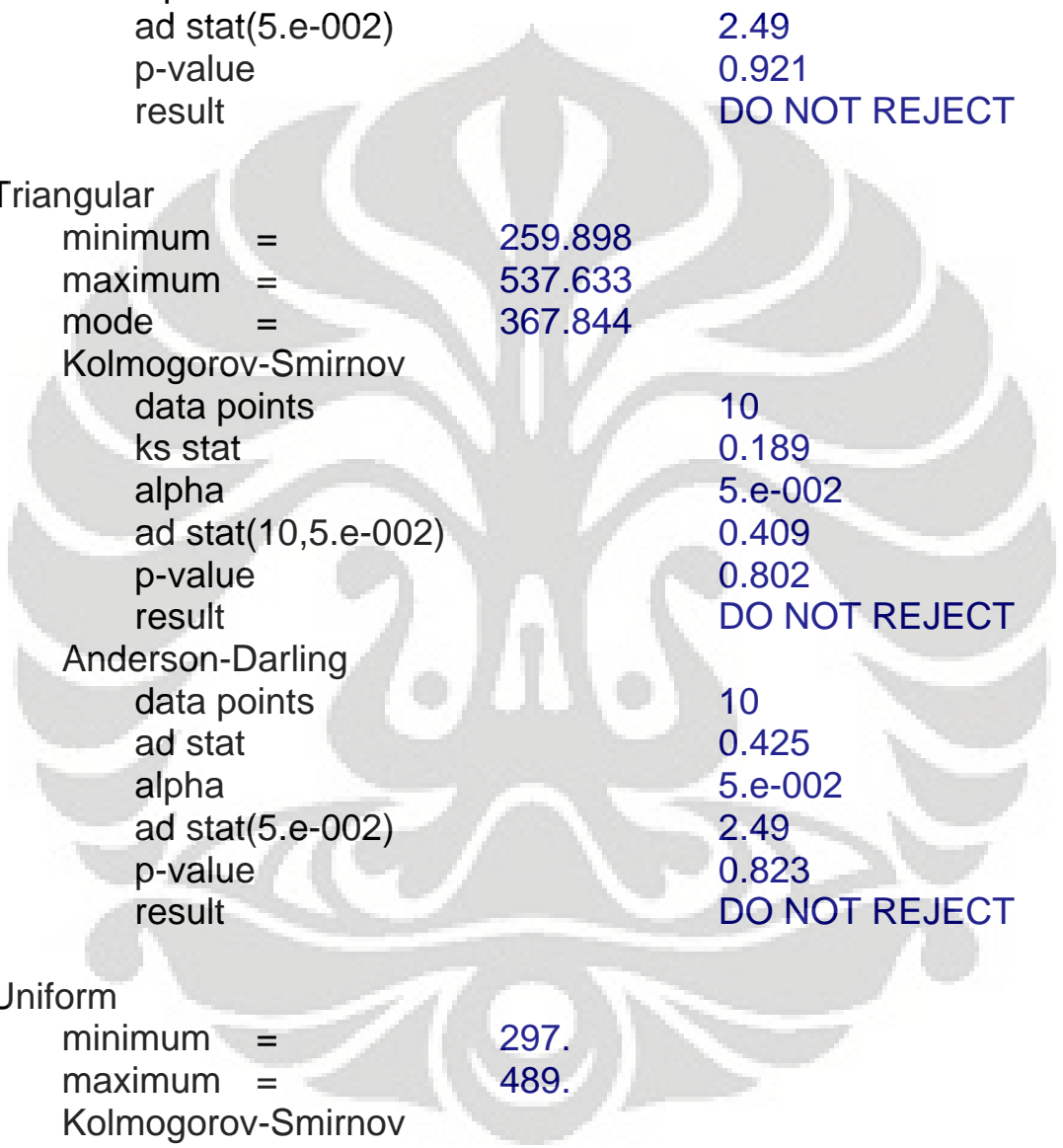
detail

Exponential
 minimum = 297.
 beta = 94.6
 Kolmogorov-Smirnov
 data points 10
 ks stat 0.229
 alpha 5.e-002
 ad stat(10,5.e-002) 0.409
 p-value 0.594
 result DO NOT REJECT
 Anderson-Darling
 data points 9
 ad stat 2.55
 alpha 5.e-002
 ad stat(5.e-002) 2.49
 p-value 4.68e-002
 result REJECT

Lognormal
 minimum = -902.342
 mu = 7.16419
 sigma = 5.01511e-002

Kolmogorov-Smirnov
 data points 10
 ks stat 0.167

alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.903
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		10
ad stat		0.322
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.921
result		DO NOT REJECT
Triangular		
minimum	=	259.898
maximum	=	537.633
mode	=	367.844
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.189
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.802
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		10
ad stat		0.425
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.823
result		DO NOT REJECT
Uniform		
minimum	=	297.
maximum	=	489.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		10
ks stat		0.184
alpha		5.e-002
ad stat(10,5.e-002)		0.409
p-value		0.827
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		8
ad stat		4.43
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49



p-value
result

5.4e-003
REJECT

