



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN OUTPUT PRODUKSI SISTEM
REMANUFAKTUR ALAT BERAT DENGAN
MENGUNAKAN PEMODELAN BERBASIS OBJEK**

SKRIPSI

**JODY PRANATA
0806319526**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN OUTPUT PRODUKSI SISTEM
REMANUFAKTUR ALAT BERAT DENGAN
MENGUNAKAN PEMODELAN BERBASIS OBJEK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**JODY PRANATA
0806319526**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK**

ii

JUNI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : JODY PRANATA

NPM : 0806319526

Tanda tangan : 

Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Jody Pranata
NPM : 0806319526
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Peningkatan Output Produksi Sistem
Remanufaktur Alat Berat Dengan Menggunakan
Pemodelan Berbasis Objek

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 1 : Prof. Dr. Ir. T. Yuri M.Zagloel, MengSc ()
Pembimbing 2: Romadhani Ardi ST,MT ()
Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si ()
Penguji : Ir. Hj. Erlinda Muslim, MEE ()
Penguji : Ir. Yadrifil,MSc ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 21 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Selain itu penulis juga mau mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. T. Yuri M.Zagloel, MEngSc, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing dan memberikan masukan selama penulisan.
2. Bapak Romadhani Ardi,ST,MT, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membantu penulis dalam memberikan saran selama pengerjaan skripsi.
3. Bapak Yadrifil, Bapak Farizal, Bapak Komar, Bapak Omar, Ibu Anna, Ibu Erlinda, dan Ibu Arian Dhini atas segala saran yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi serta Bapak Akhmad Hidayatno selaku dosen pembimbing akademis dan dosen lainnya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
4. Bapak Hafid, Mas Jaylani, dan seluruh karyawan PT. Universal Tekno Reksajaya atas bantuan data penelitian dan pengetahuan tentang remanufaktur
5. Nike Nur Almuldita, atas segala dukungan, bantuan, dan doa kepada penulis yang sangat tidak ternilai.
6. Abdullah Rusydi selaku teman seperjuangan dalam mencari data.
7. Lukat,Zaki,Ilham,Lusy, dan Hadi selaku teman-teman Lab Manufaktur yang selalu memberikan dukungan moril.
8. Tim hura-hura TI 08 yang selalu memberikan kebahagiaan kepada penulis.
9. Sahabat TI 08 yang selalu ada disaat kapanpun.
10. Mas Acil, Mas Iwan, Mas Latief, Babeh, Ibu Har, Mbak Willy, Mbak Hesti, Mbak Triana, Mbak Fatimah yang telah membantu penulis selama masa-masa perkuliahan.
11. Christian Tulus atas segala saran dalam mengerjakan software Plant Sim
12. Mama, Ayah, Nenek, Danti, Mitri serta Om dan Tante selaku keluarga penulis atas dukungan dan dorongan moril yang tak ternilai.

13. Mas Evan, Pak Hasan dan seluruh penghuni kosan Bukit Pisang atas segala bantuannya.

14. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Selain itu penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Depok, Juni 2012

Penulis



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

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

Nama : Jody Pranata
NPM : 0806319526
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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:

**Peningkatan Output Produksi Sistem Remanufaktur Alat Berat Dengan
Menggunakan Pemodelan Berbasis Objek**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan 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 : Depok
Pada tanggal : Juni 2012
Yang Menyatakan



(Jody Pranata)

ABSTRAK

Nama : Jody Pranata
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Peningkatan Output Produksi Sistem Remanufaktur Alat Berat
Dengan Menggunakan Pemodelan Berbasis Objek

Remanufaktur merupakan sebuah sistem manufaktur yang memiliki aspek keberlanjutan baik dalam sisi lingkungan dan ekonomi. Namun sistem remanufaktur hanya memiliki tingkat output sebesar 62% sehingga hal tersebut dapat berakibat ketidakmampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan konsumen yang semakin terus bertambah. Oleh karena itu dibutuhkan suatu strategi produksi yang tepat bagi sistem remanufaktur agar dapat meningkatkan output produksi pada kondisi normal dan kondisi ketidakpastian eksternal. Salah satu cara dalam melakukan pemilihan strategi produksi adalah dengan cara metode pemodelan berbasis objek. Dari ketiga strategi produksi yang telah disimulasikan, didapatkan peningkatan efisiensi pekerja sebagai strategi terbaik yang mampu meningkatkan output produksi pada berbagai kondisi eksternal sistem remanufaktur.

Kata kunci:

Sustainable Manufacturing, Remanufaktur, Strategi Produksi Simulasi Berbasis Objek

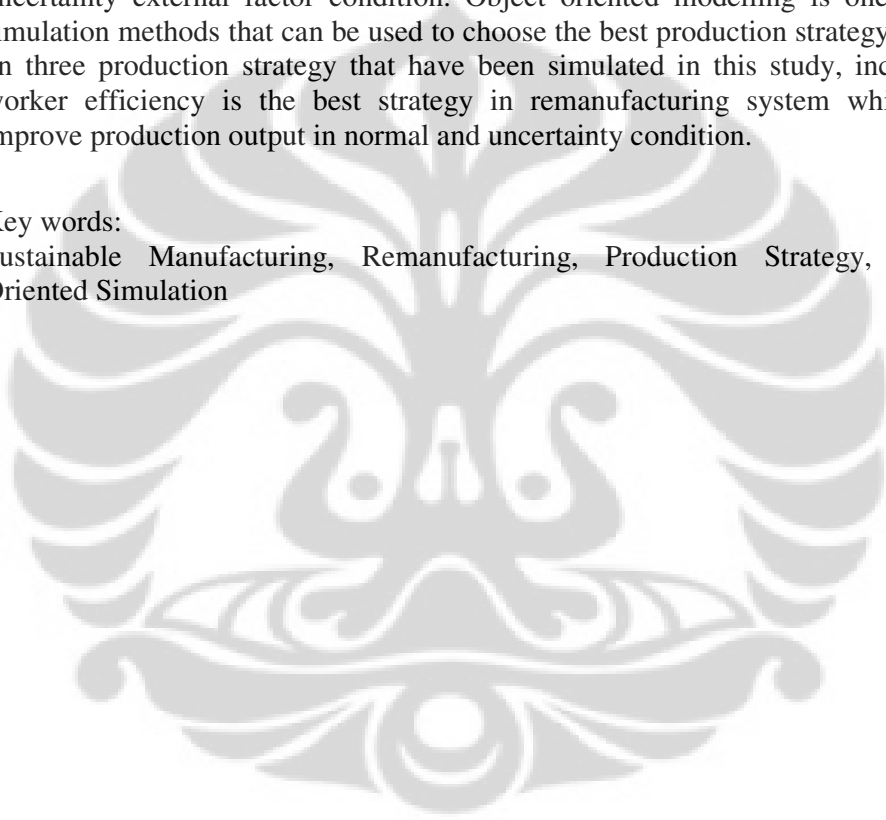
ABSTRACT

Name : Jody Pranata
Study Program : Industrial Engineering
Title :

Remanufacturing is a manufacturing system that has sustainability in environment and economic aspect. However, remanufacturing can only produce 62% of all demand. So, it can affect company's performance to fulfill consumer demand which always increase continuously. Therefore, the remanufacturing company need a good production strategy to increase production output in normal and uncertainty external factor condition. Object oriented modelling is one of the simulation methods that can be used to choose the best production strategy. Based on three production strategy that have been simulated in this study, increasing worker efficiency is the best strategy in remanufacturing system which can improve production output in normal and uncertainty condition.

Key words:

Sustainable Manufacturing, Remanufacturing, Production Strategy, Object Oriented Simulation



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
2. LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Manufaktur Keberlanjutan (<i>Sustainable Manufacturing</i>).....	9
2.2 Remanufaktur	10
2.3 Simulasi	11
2.3.1 Tipe Simulasi	12
2.3.1.1 Static versus Dynamic Simulation	12
2.3.1.2 Stochastic Versus Deterministic Simulation.....	12
2.3.1.3 Discreate Event Versus Continous Simulation	13
2.3.2 Simulasi Flow Based Oriented	14
2.3.3 Simulasi Berbasis Objek.....	14
2.4 Verifikasi dan Validasi.....	15
2.4.1 Verifikasi.....	15
2.4.2 Validasi	15
2.5 Sistem	16
2.6 Model	18
2.7 Simulasi Dengan Plant Simulation.....	19
2.8 Unified Modelling Language	20
2.8.1 Use Case Diagram.....	21
2.8.2 Class Diagram	22
2.9 Statistik.....	23
2.9.1 Data	23
2.9.2 Distribusi.....	24

2.9.3 Distribution Fitting.....	26
2.9.3.1 Kolmogorov Smirnov Tes.....	26
2.9.3.2 Anderson Darling Tes	27
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	29
3.1 Profil PT.Universal Tekno Reksajaya.....	29
3.2 Tahap-Tahap Proses Remanufaktur Engine Besar dan Engine Kecil Pada PT.Universal Tekno Reksajaya	30
3.3 Pengumpulan Data	39
3.3.1 Data Primer	39
3.3.1.1 Engine Besar	40
3.3.1.2 Engine Kecil	43
3.3.2 Data Sekunder.....	45
3.3.2.1 Data Historis Produksi Tahun 2011.....	46
3.3.2.2 Data Historis Produk Yang Kembali Tahun 2011	46
3.4 Pengolahan Data.....	47
3.4.1 Pengolahan Angka Acak.....	47
3.4.2 Distribusi Data	47
3.5 Pembuatan Formulasi Model	52
3.5.1 Kelas.....	53
3.5.2 Diagram Use Case.....	54
3.5.3 Membangun Model.....	55
3.6 Verifikasi dan Validasi.....	66
3.6.1 Verifikasi.....	66
3.6.2 Validasi	67
3.7 Pembuatan Skenario Model	67
4. ANALISIS HASIL.....	69
4.1 Analisis Model Awal	69
4.1.1 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Prewashing, Main Disassembly dan Main Washing	70
4.1.2 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Cylinder Head	71
4.1.3 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Water Pump.....	72
4.1.4 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Oil Pump	73
4.1.5 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Oil Cooler	74
4.1.6 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Starter Motor	76
4.1.7 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Altenator.....	77
4.1.8 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Turbo Charger	79
4.1.9 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan FIP Room	80
4.1.10 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan Machining, Main Assembly Test Engine, Painting.....	81
4.2 Skenario Model.....	83
4.2.1 Kondisi Normal.....	87
4.2.1.1 Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Normal.....	87
4.2.1.2 Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Normal	89

4.2.1.3	Penambahan Workstation Kondisi Normal	90
4.2.2	Kondisi Bahan Baku Mengalami Keterlambatan	92
4.2.2.1	Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Bahan Baku Mengalami Keterlambatan.....	93
4.2.2.2	Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Bahan Baku Mengalami Keterlambatan.....	94
4.2.2.3	Penambahan Workstation Kondisi Bahan Baku Mengalami Keterlambatan.....	96
4.2.3	Kondisi Keterlambatan Pengiriman Supplier	98
4.2.3.1	Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Pengiriman Supplier.....	99
4.2.3.2	Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Pengiriman Supplier.....	100
4.2.3.3	Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Pengiriman Supplier.....	102
4.2.4	Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Keterlambatan Pengiriman Supplier	105
4.2.4.1	Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Keterlambatan Supplier	105
4.2.4.2	Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Keterlambatan Supplier	107
4.2.4.3	Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Keterlambatan Supplier.....	109
4.3	Analisis Model Secara Keseluruhan	111
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	114
5.1	Kesimpulan	114
5.2	Saran.....	115
	DAFTAR REFERENSI	116

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Waktu Proses Prewashing, Main Disassembly, Washing Engine Besar	40
Tabel 3.2 Data Waktu Proses Cylinder Head Engine Besar	40
Tabel 3.3 Data Waktu Proses Water Pump Engine Besar.....	40
Tabel 3.4 Data Waktu Proses Oil Pump Engine Besar	41
Tabel 3.5 Data Waktu Proses Oil Cooler Engine Besar.....	41
Tabel 3.6 Data Waktu Proses Oil Alternator Engine Besar.....	41
Tabel 3.7 Data Waktu Proses Starter Motor Engine Besar	41
Tabel 3.8 Data Waktu Proses Turbo Charger Engine Besar	42
Tabel 3.9 Data Waktu Proses FIP Room Engine Besar	42
Tabel 3.10 Data Waktu Proses Machining, Main Assembly, Test Engine, Painting Engine Besar.....	42
Tabel 3.11 Data Waktu Proses Prewashing, Main Disassembly, Washing Engine Kecil.....	43
Tabel 3.12 Data Waktu Proses Cylinder Head Engine Kecil.....	43
Tabel 3.13 Data Waktu Proses Water Pump Engine Kecil	43
Tabel 3.14 Data Waktu Proses Oil Pump Engine Kecil.....	44
Tabel 3.15 Data Waktu Proses Oil Cooler Engine Kecil	44
Tabel 3.16 Data Waktu Proses Oil Alternator Engine Kecil	44
Tabel 3.17 Data Waktu Proses Starter Motor Engine Kecil.....	45
Tabel 3.18 Data Waktu Proses FIP Room Engine Kecil.....	45
Tabel 3.19 Data Waktu Proses Machining, Main Assembly, Test Engine, Painting Engine Kecil	45
Tabel 3.20 Data Historis Produksi Tahun 2011	46
Tabel 3.21 Data Historis Produk Yang Kembali (Bahan Baku) Tahun 2011	46
Tabel 3.22 Distribusi Waktu Proses <i>Prewashing, Disassembly dan Washing Engine Besar</i>	48
Tabel 3.23 Distribusi Waktu Proses Cylinder Head Engine Besar	48
Tabel 3.24 Distribusi Waktu Proses Water pump Engine Besar.....	48
Tabel 3.25 Distribusi Waktu Proses Oil pump Engine Besar	48
Tabel 3.26 Distribusi Waktu Proses Oil Cooler Engine Besar.....	49
Tabel 3.27 Distribusi Waktu Proses Alternator Engine Besar.....	49
Tabel 3.28 Distribusi Waktu Proses Starter Motor Engine Besar.....	49
Tabel 3.29 Distribusi Waktu Proses Turbo Charger Engine Besar.....	49
Tabel 3.30 Distribusi Waktu Proses FIP Room Engine Besar	50
Tabel 3.31 Distribusi Waktu Proses Machining, Main Assembly, Test Engine, Painting Engine Besar	50
Tabel 3.32 Distribusi Waktu Proses Prewashing, Disassembly, Main Washing Engine Kecil.....	50
Tabel 3.33 Distribusi Waktu Proses Cylinder Head Engine Kecil.....	50
Tabel 3.34 Distribusi Waktu Proses Water Pump Engine Kecil.....	51
Tabel 3.35 Distribusi Waktu Proses Oil Pump Engine Kecil.....	51
Tabel 3.36 Distribusi Waktu Proses Oil Cooler Engine Kecil	51

Tabel 3.37	Distribusi Waktu Proses Altenator Engine Kecil	51
Tabel 3.38	Distribusi Waktu Proses Starter Motor Engine Kecil	52
Tabel 3.39	Distribusi Waktu Proses FIP Room Engine Kecil.....	52
Tabel 3.40	Distribusi Waktu Proses Machining, Main Assembly, Test Engine, Painting Engine Kecil.....	52
Tabel 3.41	Waktu Proses Simulasi Engine Besar	57
Tabel 3.42	Waktu Proses Simulasi Engine Kecil.....	59
Tabel 3.43	Data Kedatangan Damage Core	61
Tabel 3.44	Validasi Hasil Simulasi Dengan Kondisi Nyata Selama Satu Tahun.....	67
Tabel 3.45	Skenario Strategi Produksi dan Skenario Kondisi	68
Tabel 4.1	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Prewashing, Main Disassembly,dan Main Washing Engine Besar dan Engine Kecil.....	70
Tabel 4.2	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Cylinder Head Engine Besar dan Engine Kecil	71
Tabel 4.3	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Water Pump Engine Besar dan Engine Kecil	72
Tabel 4.4	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Oil Pump Engine Besar dan Engine Kecil.....	73
Tabel 4.5	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Oil Cooler Engine Besar dan Engine Kecil.....	74
Tabel 4.6	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Starter Motor Engine Besar dan Engine Kecil.....	76
Tabel 4.7	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Altenator Engine Besar dan Engine Kecil.....	77
Tabel 4.8	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Turbo Charger Engine Besar dan Engine Kecil.....	79
Tabel 4.9	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan FIP Room Engine Besar dan Engine Kecil.....	80
Tabel 4.10	Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan Machining, Main Assembly Test Engine, Painting Engine.....	81
Tabel 4.11	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja.....	87
Tabel 4.12	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Kondisi Normal.....	88
Tabel 4.13	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Normal	89
Tabel 4.14	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Normal.....	90
Tabel 4.15	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Normal.....	91
Tabel 4.16	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Normal	92

Tabel 4.17	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Bahan Baku	93
Tabel 4.18	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Bahan Baku.....	94
Tabel 4.19	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku	95
Tabel 4.20	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku.....	96
Tabel 4.21	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku	97
Tabel 4.22	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku.....	98
Tabel 4.23	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Supplier.....	99
Tabel 4.24	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Supplier.....	100
Tabel 4.25	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Supplier.....	101
Tabel 4.26	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Supplier.....	101
Tabel 4.27	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Supplier.....	103
Tabel 4.28	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Supplier.....	104
Tabel 4.29	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Supplier.....	105
Tabel 4.30	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Supplier.....	106
Tabel 4.31	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Supplier.....	107

Tabel 4.32	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Supplier.....	108
Tabel 4.33	Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Supplier.....	109
Tabel 4.34	Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Supplier.....	110
Tabel 4.35	Tabel Hasil Perbandingan Strategi Pada Kondisi Normal	111
Tabel 4.36	Tabel Hasil Perbandingan Strategi Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku	112
Tabel 4.37	Tabel Hasil Perbandingan Strategi Pada Kondisi Keterlambatan Supplier.....	112
Tabel 4.38	Tabel Hasil Perbandingan Strategi Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Supplier	113



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah	5
Gambar 1.2	Diagram Alir Metodologi Penelitian	8
Gambar 2.1	Gambaran Umum Sustainable Manufacturing	10
Gambar 2.2	Closed Loop Manufacturing	10
Gambar 2.3	Proses Umum Remanufaktur.....	11
Gambar 2.4	Contoh Dari Simulasi Deterministic dan Stochastic	13
Gambar 2.5	Perbandingan Antara Perubahan Kontinyu dan Diskrit	13
Gambar 2.6	Contoh Use Case Diagram.....	22
Gambar 2.7	Contoh Class Diagram.....	23
Gambar 2.8	Grafik Distribusi Normal.....	25
Gambar 2.9	Grafik Distribusi Eksponensial.....	25
Gambar 3.1	Flow Proses Produksi Remanufaktur	39
Gambar 3.2	Diagram Use Case	55
Gambar 3.3	Tampilan Kedatangan Damage Core Pada Software.....	62
Gambar 3.4	Tampilan Shift Calender Plant Simulation	63
Gambar 3.5	Tampilan Model Simulasi (Prewashing, Main Disassembly Main Washing).....	63
Gambar 3.6	Tampilan Model Simulasi (Sub Assembly 1).....	64
Gambar 3.7	Tampilan Model Simulasi (Sub Assembly 2).....	64
Gambar 3.8	Tampilan Model Simulasi (Sub Assembly 3).....	65
Gambar 3.9	Tampilan Model Simulasi (FIP Room & RPE Line)	65
Gambar 3.10	Tampilan Model Simulasi (Main Assembly, Test Engine, Painting).....	65
Gambar 3.11	Tampilan Event Debugger Plant Simulation	66
Gambar 4.1	Tampilan Pengaturan Efisiensi Pekerja Pada Software Plant Simulation.....	84
Gambar 4.2	Tampilan Pengaturan Overtime Pada Software Plant Simulation.....	85
Gambar 4.3	Tampilan Denah Pabrik.....	85
Gambar 4.4	Tampilan Penambahan Workstation Main Assembly Pada Software Plant Simulation.....	86
Gambar 4.5	Tampilan Pengaturan Skenario Keterlambatan Pada Software Plant Simulation.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Class Diagram.....	118
Lampiran 2 Angka Acak	124



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan mengenai latar belakang, pemilihan topik penelitian, rumusan permasalahan yang terjadi, tujuan dari penelitian, serta ruang lingkup yang membatasi dalam pengerjaan penelitian ini. Selain itu terdapat pembahasan mengenai metodologi serta sistematika penulisan yang digunakan.

1.1 Latar Belakang

Manufaktur umumnya muncul dalam memproduksi barang untuk memenuhi kebutuhan manusia. Semakin besar laju pertumbuhan manusia maka konsumsi kebutuhan barang-barang hasil manufaktur juga akan turut meningkat sehingga pertumbuhan industri manufaktur yang ada di dunia juga akan semakin berkembang dalam memenuhi kebutuhan konsumen tersebut. Namun semakin tingginya jumlah industri manufaktur yang muncul maka semakin besar pula jumlah polusi yang dihasilkan oleh industri tersebut. Menurut laporan dari *National Academic of Science* (NAS) terjadi peningkatan suhu di permukaan bumi sebesar 0.7°C selama abad kedua puluh. Peningkatan suhu tersebut diakibatkan oleh meningkatnya aktivitas dari kegiatan industri (Kibira, 2010). Selain itu semenjak kemunculan revolusi industri sekitar 250 tahun yang lalu, tingkat konsentrasi gas rumah kaca meningkat dari 280 microliter/L menjadi 375 microliter/L (Science Daily, 2004). Gas rumah kaca tersebut dapat mempengaruhi terjadinya pemanasan global. Selain pemanasan global dan perubahan iklim, peningkatan jumlah industri juga berpengaruh terhadap jumlah pembuangan oleh industri yang dapat merusak ekosistem air dan udara. Pengaruh buruk dari pertumbuhan industri tersebut menyebabkan diperlukannya sistem manufaktur yang tidak hanya melihat produktivitas dari industri itu sendiri namun juga melihat pengaruhnya terhadap lingkungan. Sistem manufaktur tersebut kemudian dikenal dengan nama *sustainable manufacturing*.

Sustainable manufacturing merupakan suatu sistem manufaktur yang mengembangkan dan menggunakan teknologi untuk mengubah material dengan

mengurangi konsumsi energi, mengurangi emisi dari gas rumah kaca, mengurangi pembuangan, dan penggunaan material yang tidak dapat di daur ulang (Madu, 2001). Pengertian lain dari *sustainable manufacturing* adalah integrasi antara keberlangsungan *life cycle issue* pada proses produksi dan bertujuan untuk efektif pada penggunaan material, energy, pengetahuan dan kapasitas dalam bekerja.(Westkamper, 2000).

Salah satu dari sistem *sustainable manufactruing* adalah sistem remanufaktur. Pengertian dari sistem ini adalah sebuah proses yang mengembalikan produk yang telah digunakan oleh konsumen menjadi sebuah produk dengan kondisi seperti baru (*as good as new*). Secara garis besar sistem produksi yang terdapat pada sistem remanufaktur terdiri dari *disassembled, cleaned, recondition, inspeksi, reassembly, dan Testing* sebelum dikirimkan menuju konsumen (Anityasari, 2008). Selain itu sistem remanufaktur juga menggunakan sebuah konsep *closed loop manufacturing system* yaitu sebuah sistem yang menggunakan produk yang dibuat berasal dari produk bekas, *part*, dan material yang diambil dari pasar. Sehingga dapat dikatakan sistem remanufaktur berfokus terhadap pengembalian penambahan nilai produk. Sistem remanufaktur merupakan sebuah sistem produksi yang sangat mengandalkan sumber daya manusia dalam melakukan setiap pekerjaan remanufaktur. Oleh karena itu system remanufaktur sering disebut sistem produksi dengan ciri *labour intensive*.

Sistem remanufaktur memiliki beberapa ciri yang terdapat pada sistemnya. Salah satu ciri yang terdapat pada sistem tersebut adalah penumpukan barang setengah jadi di salah satu prosesnya. Keadaan tersebut menyebabkan jumlah output produksi yang dihasilkan oleh sistem remanufaktur mengalami penurunan. Dengan adanya kondisi peningkatan permintaan konsumen, menyebabkan perusahaan remanufaktur tidak mampu memenuhi permintaan konsumen. Akibatnya perusahaan dapat kehilangan jumlah konsumen dalam jumlah besar. Hal tersebut mengakibatkan perusahaan dapat terus mengalami kerugian dan menyebabkan sistem remanufaktur akan ditinggalkan oleh berbagai industri yang bergerak di Indonesia.

Faktor eksternal yang terdapat pada sistem remanufaktur juga turut mempengaruhi kemampuan sistem remanufaktur dalam menghasilkan output produksi. Ketersediaan bahan baku menjadi salah satu bagian penting bagi sistem remanufaktur untuk menghasilkan sebuah produk. Bahan baku yang digunakan oleh sistem remanufaktur berbeda dengan bahan baku yang digunakan pada sistem manufaktur konvensional. Perbedaan tersebut terletak pada bahan baku yang digunakan oleh sistem remanufaktur adalah barang yang telah digunakan oleh konsumen. Kondisi tersebut menyebabkan jangka waktu pengembalian produk yang akan diremanufaktur sering mengalami keterlambatan pengiriman. Selain itu faktor eksternal lainnya adalah pengiriman *part* rekondisi (*part* baru/*part* yang telah difabrikasi) terkadang mengalami ketidakpastian waktu pengiriman. Dua faktor eksternal tersebut mempengaruhi kemampuan sistem remanufaktur untuk menghasilkan output produksi.

Untuk mengatasi masalah faktor produksi internal dan faktor eksternal yang terjadi pada sistem remanufaktur maka dibutuhkan suatu strategi produksi seperti contohnya peningkatan keahlian pekerja, penambahan waktu overtime, dan penambahan workstation dalam mengatasi dua faktor tersebut. Namun untuk melakukan eksperimen tersebut sangat tidak memungkinkan untuk dicoba pada dunia nyata. Hal tersebut dapat terjadi karena percobaan secara langsung dapat mengganggu proses produksi serta menyebabkan biaya yang besar. Salah satu cara untuk dapat melakukan pemilihan strategi tanpa harus mengganggu proses produksi adalah dengan cara menggunakan metode simulasi. Simulasi merupakan metode penyelesaian masalah yang sangat diperlukan untuk memberikan solusi dari berbagai permasalahan.

Salah satu dari jenis simulasi proses produksi adalah simulasi berbasis objek. Simulasi berbasis objek merupakan bentuk simulasi yang sekarang ini banyak digunakan. Simulasi berbasis objek ini berorientasi pada pemahaman dan pengembangan objek sehingga simulasi ini menekankan pada objek yang akan diteliti. Simulasi berbasis objek dapat memberikan pemahaman abstraksi kunci yang lebih baik dalam permodelan simulasi dan dapat memberikan cetak biru untuk pengembangan perpustakaan simulasi berorientasi objek. Simulasi berbasis objek memungkinkan objek untuk berbicara satu sama lain yang pada intinya

bahwa benda-benda ini dapat berkomunikasi dalam waktu singkat. Pemanfaatan menggunakan metode ini adalah untuk mendesain sistem, memodelkan sistem dan untuk mempelajari cara berpikir sistem.

Penelitian akan menekankan untuk mendapatkan output produksi terbaik dari strategi produksi yang disimulasikan seperti peningkatan keahlian pekerja, pembuatan waktu overtime, dan penambahan workstation pada kondisi normal dan kondisi ketidakpastian eksternal yang mempengaruhi sistem remanufaktur alat berat.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

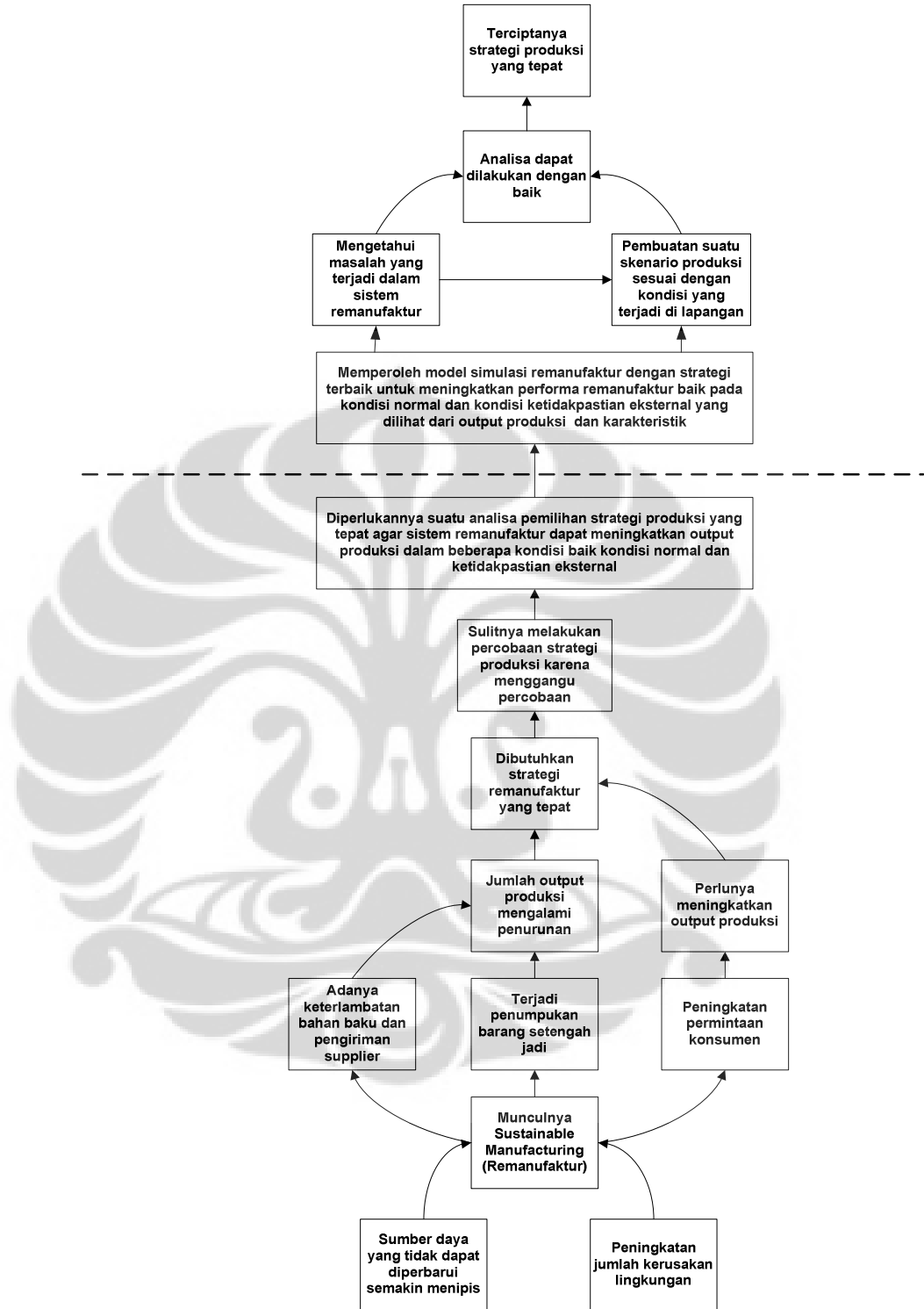
Diagram keterkaitan masalah merupakan sebuah ulasan yang memberikan gambaran mengenai permasalahan terkait hingga solusi yang diberikan. Berdasarkan apa yang telah dituliskan pada latar belakang, maka berikut ini adalah diagram keterkaitan masalah tersebut pada gambar 1.1:

1.3 Rumusan Permasalahan

Sesuai dengan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, pokok permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah strategi produksi apakah diantara peningkatan keahlian pekerja, pembuatan waktu overtime, dan penambahan workstation yang mampu memberikan output produksi terbaik pada kondisi normal dan kondisi ketidakpastian faktor eksternal.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan diagram keterkaitan masalah dan perumusan masalah pada bagian sebelumnya maka tujuan penelitian adalah memperoleh jumlah output produksi terbaik yang dilihat berdasarkan hasil simulasi terhadap skenario strategi produksi yang digunakan pada sistem remanufaktur alat berat.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut ini:

1. Penelitian dilakukan pada ruang lingkup perusahaan yaitu PT. Universal Tekno Reksajaya.
2. Data sekunder yang digunakan adalah data historis tahun 2011
3. Penelitian tidak memperhitungkan faktor biaya dan ergonomi.
4. Penelitian yang dilakukan hanya pada *engine* besar dan *engine* kecil.
5. Pembuatan model yang dilakukan hanya sebatas simulasi menggunakan perangkat lunak computer, *Plant Simulation*.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian, dilakukan beberapa langkah untuk mendapatkan hasil. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penentuan topik penelitian
Topik dalam penelitian ini berkaitan dengan memodelkan sistem remanufaktur yang bertujuan untuk mengetahui strategi yang tepat dalam meningkatkan performa perusahaan remanufaktur.
2. Pemahaman landasan teori
Tahap selanjutnya adalah menentukan landasan teori yang berhubungan dengan topik sebagai dasar dalam penelitian. Adapun landasan teori yang terkait antara lain mengenai simulasi, proses produksi, statistik dan distribusi.
3. Pengumpulan dan pengolahan data
Pengumpulan data dilakukan dengan mencari data yang berkaitan dengan penelitian seperti alur proses produksi, time study masing-masing workstation, data hasil produksi serta data yang lainnya. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk diinput kedalam model simulasi.
4. Pembuatan model simulasi
Pada tahap ini ditujukan untuk melakukan pemilihan strategi diperlukan suatu model simulasi yang terdiri dari model awal.

5. Analisis model simulasi

Menganalisis setiap hasil yang diperoleh dari model mengenai kondisi jalannya pabrik serta membuat skenario-skenario dari kegiatan proses produksi yang mungkin terjadi.

6. Kesimpulan dan saran

Dalam tahapan ini akan dihasilkan kesimpulan mengenai keseluruhan penelitian tugas akhir, serta saran dan masukan yang berguna untuk pihak perusahaan.

Gambar dari metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.2:

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan penelitian ini mengikuti aturan standar baku penulisan tugas akhir mahasiswa. Penulisan tugas akhir ini dibuat dalam lima bab yang memberikan gambaran sistematis sejak awal penelitian hingga tercapainya tujuan penelitian. Adapun penjabaran kelima bab tersebut adalah sebagai berikut ini:

1. Bab 1 Pendahuluan

Bab ini berisikan latar belakang, diagram keterkaitan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan permasalahan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab 2 Landasan Teori

Bab ini berisikan teori dan tinjauan pustaka yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Adapun sumber berasal dari buku, penelitian terdahulu dan jurnal-jurnal ilmiah.

3. Bab 3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

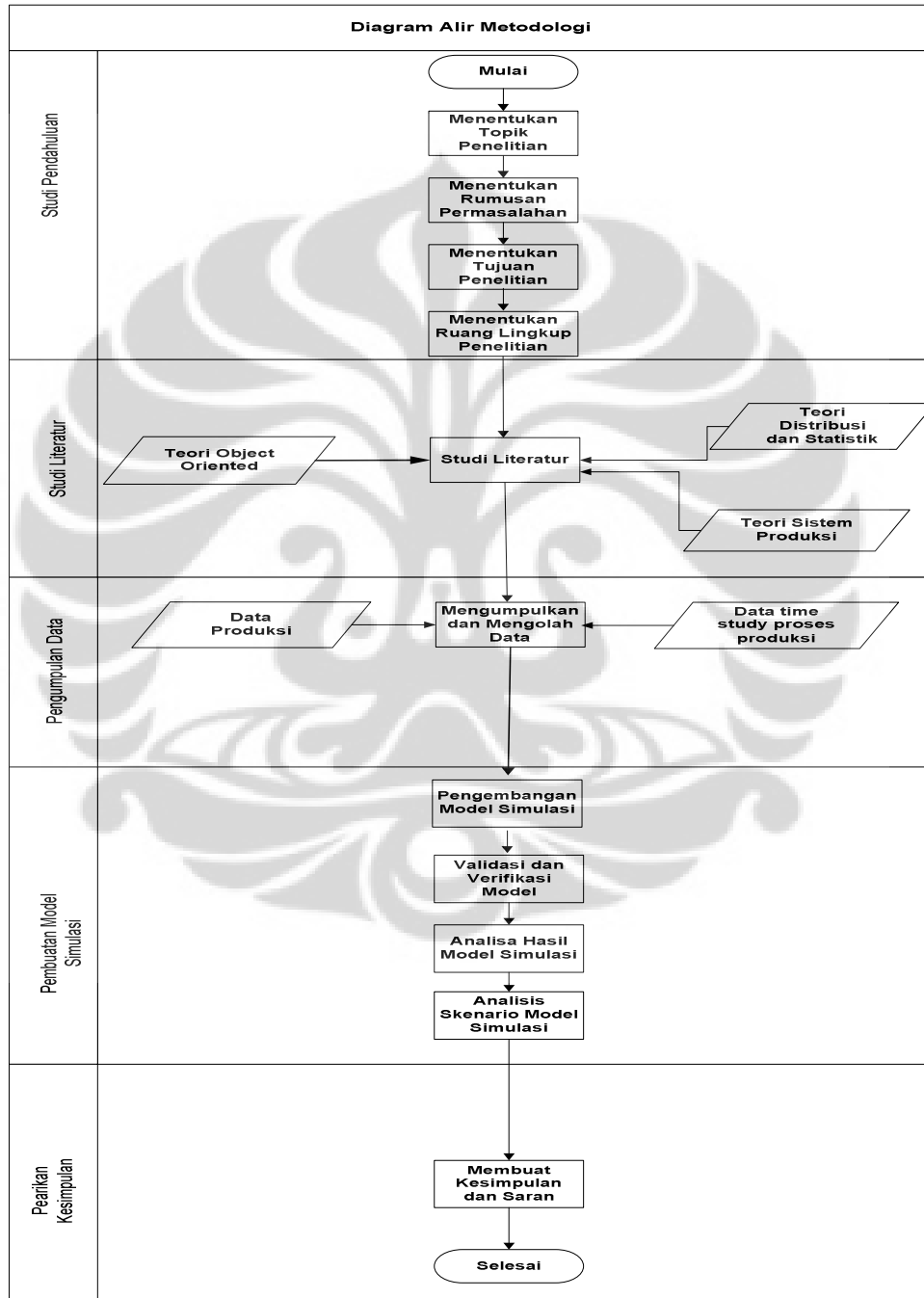
Bab ini berisikan data yang dipergunakan oleh dalam melakukan penelitian serta cara-cara pengolahannya.

4. Bab 4 Analisis Hasil

Bab ini berisikan mengenai analisis model simulasi yang terdiri dari model awal dan model skenario. Analisis yang dilakukan antara lain adalah hasil output produksi masing-masing model serta karakteristik perilaku sistem yang bekerja.

5. Bab 5 Kesimpulan

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang diberikan sebagai hasil dari penelitian ini.



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

BAB 2

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan landasan teori yang dipergunakan dalam menuliskan tugas akhir. Adapun isi dari landasan teori ini adalah mengenai *sustainable manufacturing*, remanufaktur, metode simulasi, dan metode statistik

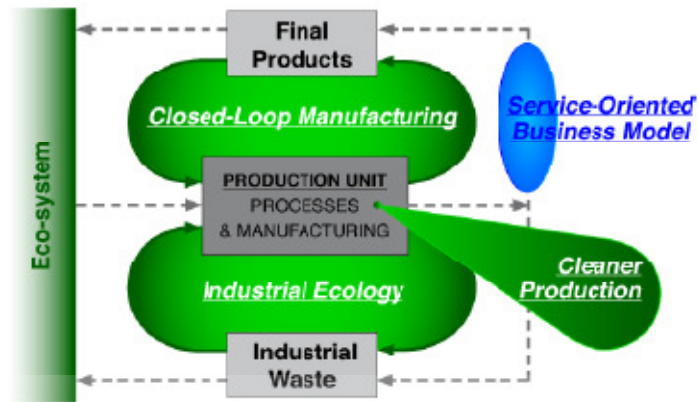
2.1 Manufaktur Keberlanjutan (*Sustainable Manufacturing*)

Sustainable manufacturing adalah integrasi keberlanjutan siklus hidup pada proses produksi dan memiliki sasaran penggunaan efektif pada material, energi, pengetahuan dan kapasitas kerja (Westkamper & Arndt, 2000). *Sustainable manufacturing* muncul dari konsep green (hijau) dan lean (ramping). Menurut Quinn (1998) sistem yang terdapat pada *sustainable manufacturing* mengintegrasikan keberlangsungan secara jangka panjang dari lingkungan, kesehatan dan keselamatan pekerja, komunitas dan keberlangsungan perusahaan secara ekonomi.

Sustainable manufacturing memiliki beberapa prinsip seperti:

- a. Menurangi kuantitas dari sumber daya yang digunakan seperti energi, air dan material.
- b. Meningkatkan kualitas kondisi lingkungan.
- c. Meningkatkan teknologi manufaktur
- d. Meningkatkan kondisi kerja
- e. Medesain sebuah produk yang memiliki sebuah siklus hidup yang panjang

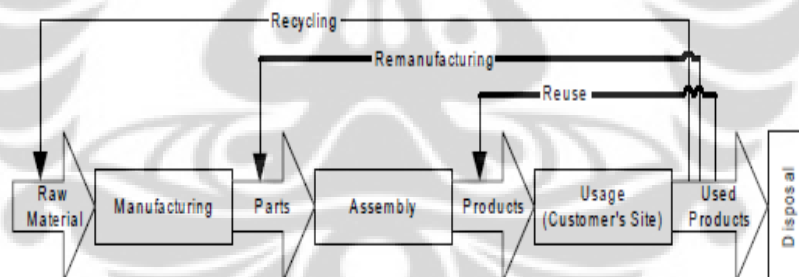
Sustainable manufacturing juga memiliki suatu ciri utama yang membedakan dengan sistem manufaktur yang lain. Ciri tersebut adalah *closed loop manufacturing*. Definisi dari *closed loop manufacturing* adalah sebuah sistem yang dimana produk yang dibuat berasal dari produk yang telah digunakan oleh konsumen. Sistem ini menarik barang-barang seperti *part*, komponen serta barang lainnya yang sudah memiliki kerusakan atau barang yang telah habis. Barang-barang tersebut akan diproses untuk dijual kembali kepada konsumen.



Gambar 2.1 Gambaran Umum Sustainable Manufacturing

(Sumber: *Managing Sustainability In Product Design and Manufacturing*, 2011)

Terdapat tiga strategi utama dalam sustainable manufacturing dalam mengembalikan kondisi produk yang akan dijual kembali kepada konsumen. Strategi tersebut antara lain adalah *reuse*, *remanufacturing*, dan *recycling*. Ketiga strategi tersebut juga memiliki ciri *closed loop manufacturing*.



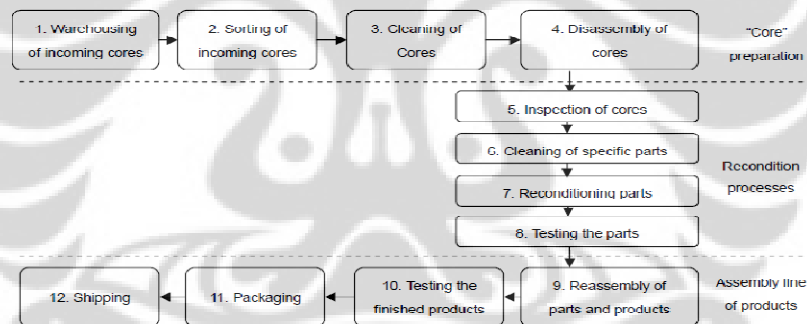
Gambar 2.2 Closed Loop Manufacturing

(Sumber: *Reuse Of Industrial Products A Technical and Economic Model For Decision Support*, 2008)

2.2 Remanufaktur (*Remanufacturing*)

Remanufaktur adalah sebuah proses industri dimana barang yang telah digunakan oleh konsumen dikembalikan kondisinya seperti keadaan baru. Tujuan dari remanufaktur adalah mengembalikan nilai sebuah produk yang telah digunakan agar menjadi sebuah produk yang memiliki performa yang hampir sama ketika barang tersebut dalam keadaan baru. Pada proses remanufaktur

terdapat beberapa faktor yang harus dipenuhi sistem. Faktor tersebut antara lain adalah keinginan konsumen, performa, reliabilitas, dan siklus hidup yang sama dengan produk baru. (Nasr, 2011) Pada proses remanufaktur terdapat beberapa proses utama yang harus terdapat didalamnya. Proses tersebut antara lain adalah inspeksi, pembongkaran, pembersihan, rekondisi *part*, pengantian *part*, perangkaian kembali, dan pengetesan. Proses remanufaktur memiliki ciri yaitu lebih mengutamakan keahlian pekerja dibandingkan investasi mesin-mesin mahal (*labour intensive*). Selain itu remanufaktur juga memiliki ciri *closed loop manufacturing* yang dimana bahan baku yang digunakan berasal dari konsumen. Remanufaktur memiliki beberapa keuntungan dibandingkan manufaktur konvensional. Kelebihan tersebut antara lain adalah remanufaktur mampu mengembalikan kondisi barang hingga mencapai 85% (Nasr, 2011). Selain itu remanufaktur juga mampu menghemat penggunaan bahan baku hingga 11% -20% dan menghemat penggunaan energi sebesar 50% (Xu, 2005).



Gambar 2.3 Proses Umum Remanufaktur

(Sumber: Remanufacturing *Engineering Literature Overview and Future Research Needs*, 2011)

2.3 Simulasi

Simulasi adalah suatu cara untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya yang akhirnya dapat membuat suatu kesimpulan serta keputusan berdasar hasil dari simulasi (Jolnes & dkk) . Dengan cara ini, sistem di dunia nyata yang tidak dapat diubah pada kondisi nyata dapat direkayasa segala komponen yang terdapat didalamnya untuk melihat suatu keputusan atau kebijakan dapat memberikan kerugian atau keuntungan.

Simulasi merupakan suatu metode pembelajaran yang bisa digunakan atas banyak alasan. Beberapa alasan yang memungkinkan penggunaan simulasi adalah:

- a. Sistem nyata yang ingin kita pelajari ada pada kondisi nyata namun untuk melakukan eksperimen dengan sistem nyata terlalu mahal, berbahaya serta dapat mengganggu sistem tersebut.
- b. Kinerja sistem sekarang, nanti ataupun pada masa lampau seharusnya tidak dipelajari secara real time tetapi harus dipercepat dan diperlambat.
- c. Menganalisa dan menjelaskan suatu sistem tidak mungkin dipelajari hanya melalui matematika

2.3.1 Tipe Simulasi

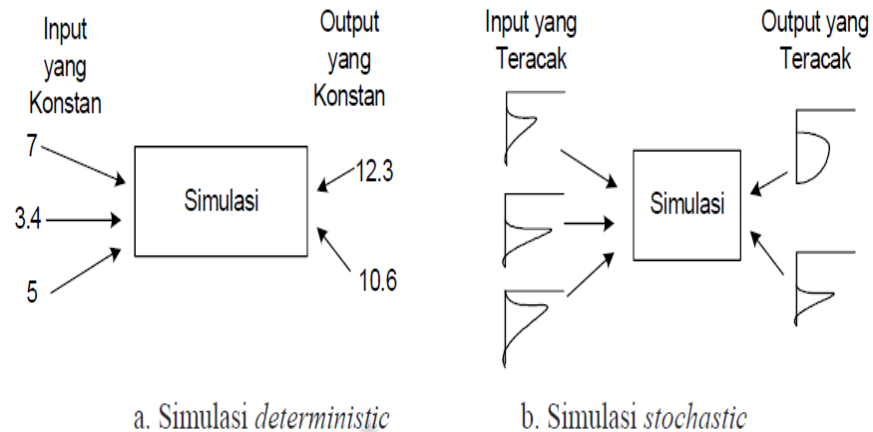
Ada beberapa tipe simulasi, diantaranya adalah *static versus dynamic simulation*, *stochastic versus deterministic simulation*, dan *discrete event versus continuous simulation*.

2.3.1.1 *Static versus dynamic simulation*

Static simulation merupakan salah satu simulasi yang tidak berdasarkan waktu, seringkali melibatkan pengambilan contoh secara acak untuk menghasilkan keluaran statistik. Simulasi ini biasa digunakan dalam menghitung nilai portofolio. *Dynamic simulation* merupakan kebalikan dari *static simulation* yang tidak berdasarkan waktu, simulasi ini merupakan simulasi yang berdasarkan waktu.

2.3.1.2 *Stochastic versus deterministic simulation*

Stochastic atau probabilistic simulation merupakan simulasi yang variabel-variabel inputnya bersifat acak secara alami. Simulasi jenis menghasilkan keluaran yang acak dan oleh sebab itu simulasi ini mampu memberikan data mengenai perilaku sistem yang bekerja. Sedangkan simulasi *deterministic* merupakan simulasi yang komponen-komponen inputnya tidak bersifat acak.

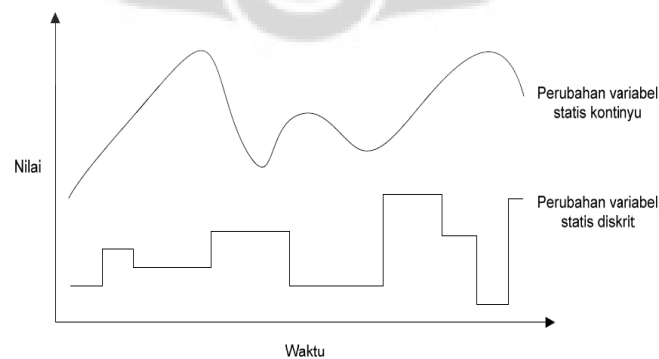


Gambar 2.4 Contoh Dari (a) Simulasi *Deterministic* (b) Simulasi *Stochastic*

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

2.3.1.3 *Discrete-event versus continous simulation*

Discrete event simulation merupakan simulasi yang digunakan untuk memodelkan suatu sistem yang berevolusi terhadap waktu sedemikian sehingga variabel state sistem hanya berubah nilai pada waktu-waktu tertentu yang banyaknya dapat dihitung. Contoh simulasi diskrit adalah antrian. Pada sistem antrian, secara analitis sistem antrian merupakan model yang mempunyai sifat kedatangan pelanggan kedalam sistem dan kecepatan pelayanannya adalah menuruti distribusi eksponensial. Sedangkan pada *continous simulation* keadaan berubah secara terus menerus sejalan dengan perubahan waktu. Misalnya suhu yang mengalami kenaikan ketika siang hari. Gambar berikut akan memperlihatkan perbedaan kedua tipe simulasi tersebut.



Gambar 2.5 Perbandingan Antara Perubahan Kontinyu dan Diskrit

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

2.3.2 Simulasi *Flow- Based Oriented*

Simulasi *flow based oriented* adalah simulasi yang dimana tahapan-tahapannya berjalan dari satu proses ke proses lainnya. Pada simulasi *flow based oriented* keseluruhan objeknya cenderung pasif. Kondisi tersebut mengartikan bahwa simulasi *flow based* tidak memberikan komunikasi antara satu objek dengan objek lainnya. Simulasi jenis ini sangat cocok pada simulasi dengan basis produksi masal yang hanya berfokus pada satu macam objek (Jolnes & Roberts, 1998)

2.3.3 Simulasi Berorientasi Objek

Simulasi berbasis objek adalah suatu simulasi yang terdiri dari satu set objek yang berinteraksi satu sama lain dari waktu ke waktu. Simulasi berorientasi objek memiliki daya tarik intuitif yang besar dalam aplikasi karena sangat mudah untuk melihat dunia nyata sebagai objek. Simulasi berorientasi objek memungkinkan pemetaan antara satu objek dengan objek lainnya yang dimana dalam sistem manufaktur mesin, pekerja, conveyor serta komponen lainnya dianggap sebagai objek. Sehingga dalam pendekatan simulasi berorientasi objek, sistem manufaktur dianggap sebagai objek yang dimodelkan dalam simulasi. Simulasi berorientasi objek dianggap sebagai paradigma pemetaan yang lebih alami untuk aplikasi simulasi sehingga simulasi berorientasi objek cocok untuk aplikasi dan kondisi yang kompleks sebelum pemegang keputusan dapat menyesuaikan kebijakan dan peraturan. Pemodelan berbasis objek pada dasarnya dibangun terpisah pada empat abstraksi perangkat lunak yang mendasar yaitu material, lokasi, controller dan rencana proses. Semua pendekatan kegiatan terpisah tersebut disadari untuk memberikan kebutuhan penilaian yang terkait dengan transformasi fisik dan pengolahan data. Berikut adalah keuntungan saat menggunakan simulasi berbasis objek:

- a. Kemampuan untuk menggunakan kembali komponen kode dalam program-program lain
- b. Kemampuan untuk mempertahankan dan menerapkan perubahan dalam program lebih efisien dan lebih cepat.

- c. Kemampuan untuk lebih efektif menciptakan sistem dengan menggunakan proses tim, yang memungkinkan spesialisasi untuk bekerja pada bagian-bagian tertentu dari sistem
- d. Peningkatan integrasi dengan sistem operasi modern

2.4 Verifikasi dan Validasi

Sebelum model simulasi digunakan, hasil model simulasi tersebut harus melewati tahap verifikasi dan validasi terlebih dahulu agar didapatkan suatu kepastian bahwa model hasil simulasi sesuai dengan gambaran situasi di dunia nyata. Pada tahap verifikasi lebih melibatkan pembuat model daripada pengguna model. Hal tersebut karena pada tahap verifikasi dilakukan pengecekan tentang bagaimana model tersebut dapat bekerja seperti contohnya pada kode pemrograman. Setelah model terverifikasi maka langkah selanjutnya adalah tahap validasi. Validasi berfungsi untuk menentukan apakah model telah mempresentasikan sistem yang sebenarnya.

2.4.1 Verifikasi

Verifikasi model adalah suatu proses untuk menentukan apakah model hasil simulasi telah beroperasi sesuai yang diinginkan. Beberapa cara dalam melakukan verifikasi adalah:

- a. Melakukan pengecekan pada kode model
- b. Mengamati tingkah laku sistem dalam animasi
- c. Menggunakan fungsi trace dan debug pada software untuk mendapatkan keadaan model yang tidak terlihat melalui animasi

2.4.2 Validasi

Validasi adalah suatu 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 membandingkan dengan pengetahuan seseorang mengenai keadaan sebenarnya.
- b. Membandingkan dengan sistem aktual

- c. Melakukan uji degenerasi untuk melihat apakah sifat *output* dari model akan berubah ketika salah satu variabelnya mencapai titik tertentu
- d. Melakukan pengujian terhadap data historis

2.5 Sistem

Blanchard (2000) mendefinisikan sistem sebagai sekumpulan dari elemen-elemen yang mempunyai fungsi bersama untuk mencapai suatu tujuan. Sedangkan Law (2004) mendefinisikan sistem sebagai sekelompok komponen yang beroperasi secara bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu atau sekumpulan entitas yang bertindak dan berinteraksi bersama-sama untuk memenuhi suatu tujuan akhir yang logis.

Setidaknya di dalam sistem mempunyai empat ciri yaitu:

- a. Adanya sekumpulan elemen
- b. Adanya interaksi diantara elemen tersebut
- c. Mempunyai tujuan yang hendak dicapai
- d. Situasi dan kondisi yang kompleks.

Suatu sistem didefinisikan sebagai himpunan atau kombinasi dari bagian-bagian yang membentuk sebuah kesatuan yang kompleks. Namun tidak semua kumpulan dan gugus bagian dapat disebut suatu sistem kalau tidak memenuhi syarat adanya kesatuan (*unity*), hubungan fungsional, dan tujuan . Suatu kawasan dengan berbagai sumber daya dan aktivitas di dalamnya merupakan suatu sistem yang kompleks. Dalam penataan ruang suatu kawasan jelas ketiga syarat tersebut dapat dipenuhi, tata ruang yang berbasis lahan merupakan suatu kesatuan yang didalamnya terdapat hubungan fungsional antarsektor atau bagian dalam mencapai tujuan optimalisasi pemanfaatan tata ruang suatu kawasan. Setiap sistem membutuhkan diferensiasi untuk mengidentifikasi *subparts* dan integrasi untuk memastikan bahwa sistem tidak terurai menjadi unsur-unsur yang terpisah (*Forum Kajian Kebijakan Spasial Kehutanan P4W*). Suatu sistem mempunyai karakteristik atau sifat-sifat tertentu, yaitu :

a. Komponen-komponen

Komponen sistem atau elemen sistem dapat berupa:

Elemen-elemen yang lebih kecil dari sistem utama yang disebut *sub sistem*, misalkan sistem komputer terdiri dari sub sistem perangkat keras, perangkat lunak dan manusia. Elemen-elemen yang lebih besar dari sistem utama yang disebut *supra sistem*. Misalkan bila perangkat keras adalah sistem yang memiliki sub sistem CPU, perangkat I/O dan memori, maka supra sistem perangkat keras adalah sistem komputer

b. Batas sistem

Batas sistem merupakan daerah yang membatasi antara suatu sistem dengan sistem yang lainnya atau dengan lingkungan luarnya. Batas sistem ini memungkinkan suatu sistem dipandang sebagai suatu kesatuan. Batas suatu sistem menunjukkan ruang lingkup dari sistem tersebut.

c. Lingkungan luar sistem

Lingkungan luar dari sistem adalah apapun yang berada di luar batas dari sistem yang mempengaruhi operasi sistem. Lingkungan luar sistem dapat bersifat menguntungkan dan dapat juga bersifat merugikan sistem tersebut, tergantung kondisi yang ada. Lingkungan luar yang menguntungkan merupakan energi dari sistem dan dengan demikian harus tetap selalu dijaga dan dipelihara. Sedang lingkungan luar yang merugikan harus ditahan dan dikendalikan, kalau tidak akan mengganggu kelangsungan hidup dan keseimbangan dari sistem.

d. Penghubung

Penghubung merupakan media perantara antar subsistem. Melalui penghubung ini memungkinkan sumber-sumber daya mengalir dari satu subsistem ke subsistem lainnya. *Output* dari satu subsistem akan menjadi input untuk subsistem yang lainnya dengan melalui penghubung. Dengan penghubung satu subsistem dapat berinteraksi dengan subsistem yang lainnya membentuk satu kesatuan.

e. Masukkan

Masukan adalah energi yang dimasukkan ke dalam sistem. Masukan dapat berupa *maintenance input* dan *sinyal input*. *Maintenance input* adalah energi

yang dimasukkan supaya sistem tersebut dapat beroperasi. *Sinyal input* adalah energi yang diproses untuk didapatkan keluaran.

f. Keluaran

Keluaran adalah hasil dari energi yang diolah dan diklasifikasikan menjadi keluaran yang berguna dan sisa pembuangan. Keluaran dapat merupakan masukan untuk subsistem yang lain.

g. Pengolah

Suatu sistem dapat mempunyai suatu bagian pengolah atau sistem itu sendiri sebagai pengolahnya. Pengolah yang akan merubah masukan menjadi keluaran. Suatu sistem produksi akan mengolah masukan berupa bahan baku dan bahan-bahan yang lain menjadi keluaran berupa barang jadi.

h. Sasaran atau tujuan

Suatu sistem pasti mempunyai tujuan atau sasaran. Kalau suatu sistem tidak mempunyai sasaran, maka operasi sistem tidak akan ada gunanya. Sasaran dari sistem sangat menentukan sekali masukan yang dibutuhkan sistem dan keluaran yang akan dihasilkan sistem. Suatu sistem dikatakan berhasil bila mengenai sasaran atau tujuannya.

2.6 Model

Model adalah abstraksi dari sistem sebenarnya, dalam gambaran yang lebih sederhana serta mempunyai tingkat presentase yang bersifat menyeluruh, atau model adalah abstraksi dari realitas dengan hanya memusatkan perhatian pada beberapa sifat dari kehidupan sebenarnya (Simamarta, 1983:ix-xii). Model memperlihatkan hubungan-hubungan langsung maupun tidak langsung serta kaitan timbale balik dalam istilah sebab akibat.

Langkah pertama dalam mempelajari karakteristik suatu sistem adalah membangun sebuah model. Hal yang terpenting dalam membuat model adalah model yang dibangun harus benar-benar mampu merepresentasikan sistem yang akan dimodelkan. Ada beberapa tujuan dari penggunaan model:

- a. Memungkinkan seorang pengamat investigator untuk membuktikan tentang hipotesa suatu teori dan melakukan pengamatan tentang sistem dan

mengambil kesimpulan logis akan dampak yang terjadi jika variabel-variabel yang mempengaruhi sistem berubah

- b. Memberi kemudahan dalam melakukan perbaikan sistem
- c. Membantu membuat suatu kerangka kerja untuk melakukan tes terhadap kondisi yang diinginkan dari suatu sistem yang termodifikasi.
- d. Memudahkan melakukan control terhadap resource yang terlibat di dalam sistem.

2.7 Simulasi Dengan Plant Simulation

Pada tahun 1986, *Fraunhofer Society for Factory Operation and Automation* mengembangkan sebuah hirarki simulasi program berorientasi objek untuk *Apple Macintosh* yang diberi nama *SIMPLE Mac for Apple Macintosh*. Tahun 1990, didirikan AIS (*Angewandte Informations Systeme*) yang mengembangkan *SIMPLE++ (Simulation in Produktion Logistik and Engineering)*. Di tahun 1991, AIS berganti nama menjadi AESOP (*Angewandte EDV-Systeme zur optimierten Planung*). Tecnomatix Ltd Mengakuisisi AESOP pada tahun 1997 dan mengganti nama 2000 *SIMPLE++* menjadi *eM-Plant*. Ditahun 2004, Tecnomatix Ltd diakuisisi oleh UGS Corporation, *eM-Plant* berganti nama menjadi *Tecnomatix Plant Simulation*. Pada tahun 2007, Siemens AG mengakuisisi UGS Corporation dan terus melakukan pengembangan terhadap *Tecnomatix Plant Simulation*.

Tecnomatix Plant Simulation atau yang lebih dikenal dengan nama *Plant Simulation* merupakan salah satu perangkat lunak yang berbasis *windows* yang mampu mensimulasikan suatu sistem produksi. *Plant Simulation* digunakan untuk mengoptimalkan *throughput*, mengurangi kemacetan, dan mengurangi kegiatan kegiatan dalam proses. *Plant Simulation* juga mempertimbangkan factor internal dan eksternal rantai pasokan, sumber-sumber produksi dan bisnis proses sehingga memungkinkan penggunaanya untuk menganalisis dampak variasi yang berbeda. Salah satu daya tarik dari perangkat lunak *Plant Simulation* ini mampu memberikan kemudahan penggunaannya, serta animasi yang dibuat mendekati kenyataan dengan bentuk 3 dimensi sehingga mampu memberikan presentasi

yang baik. Dengan *Plant Simulation* kita dapat membuat simulasi dan optimasi sistem produksi dan proses.

Plant Simulation memberikan kemudahan bagi *engineer* dan manager untuk melakukan serangkaian percobaan yang bertujuan melakukan perbaikan terhadap sistem yang ada. Kemampuan dasar yang harus dimiliki sebagai dasar yang digunakan melakukan simulasi dengan *Plant Simulation* adalah kemampuan analisis yang cukup baik, pengetahuan statistik, keahlian teknik, dan kemampuan komunikasi yang baik. Keunggulan *Plant Simulation* adalah :

- a. Mendeteksi dan menghilangkan masalah yang hanya sedikit membutuhkan koreksi biaya dan memakan waktu langkah - langkah selama produksi
- b. Meminimalkan biaya investasi lini produksi tanpa membahayakan *output* yang diperlukan
- c. Mengoptimalkan kinerja sistem produksi yang ada dengan mengambil langkah-langkah yang telah diverifikasi dalam lingkungan simulasi sebelum diimplementasikan

2.8 Unified Modelling Language

Unified Modelling Language (UML) adalah sebuah "bahasa" yang telah menjadi standar dalam industri untuk visualisasi, merancang dan mendokumentasikan sistem piranti lunak. UML menawarkan sebuah standar untuk merancang model sebuah sistem. UML mendefinisikan diagram-diagram berikut ini :

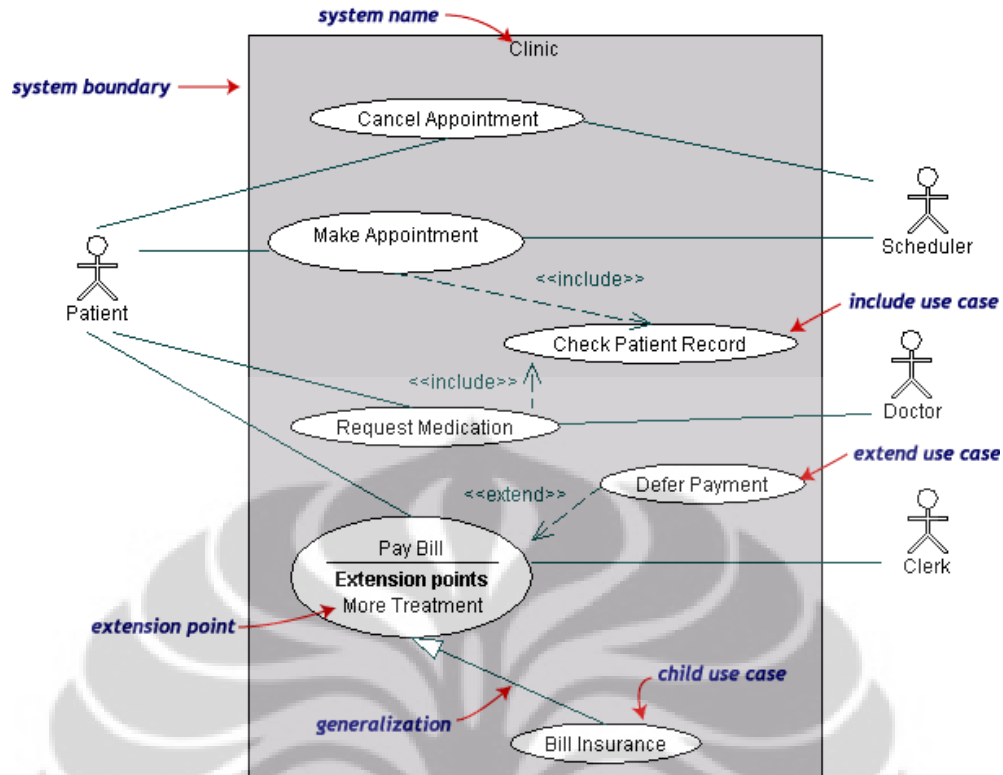
- a. *use case diagram*
- b. *class diagram*
- c. *behaviour diagram*
 - *statechart diagram*
 - *activity diagram*
- d. *interaction diagram*
 - *sequence diagram*
 - *collaboration diagram*
- e. *component diagram*
- f. *deployment diagram*

2.8.1 Use Case Diagram

Use case diagram menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari sebuah sistem. Yang ditekankan adalah “apa” yang diperbuat sistem, dan bukan “bagaimana”. Sebuah *use case* merepresentasikan sebuah interaksi antara aktor dengan sistem. *Use case* merupakan sebuah pekerjaan tertentu, misalnya login ke sistem, meng-*create* sebuah daftar belanja, dan sebagainya. Seorang/sebuah aktor adalah sebuah entitas manusia atau mesin yang berinteraksi dengan sistem untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan tertentu.

Use case diagram dapat sangat membantu bila kita sedang menyusun *requirement* sebuah sistem, mengkomunikasikan rancangan dengan klien, dan merancang *Test case* untuk semua *feature* yang ada pada sistem. Sebuah *use case* dapat meng-*include* fungsionalitas *use case* lain sebagai bagian dari proses dalam dirinya. Secara umum diasumsikan bahwa *use case* yang di-*include* akan dipanggil setiap kali *use case* yang meng-*include* dieksekusi secara normal.

Use case juga dapat di-*include* oleh lebih dari satu *use case* lain, sehingga duplikasi fungsionalitas dapat dihindari dengan cara menarik keluar fungsionalitas yang *common*. Selain itu *use case* juga dapat meng-*extend* *use case* lain dengan *behaviour*-nya sendiri. Sementara hubungan generalisasi antar *use case* menunjukkan bahwa *use case* yang satu merupakan spesialisasi dari yang lain.



Gambar 2.6 Contoh Use Case Diagram

(Sumber: *Pengantar Unified Modeling Language (UML)*, IlmuKomputer.Com © 2003)

2.8.2 Class Diagram

Class adalah sebuah spesifikasi yang jika diinstansiasi akan menghasilkan sebuah objek dan merupakan inti dari pengembangan dan desain berorientasi objek. *Class* menggambarkan keadaan (atribut/properti) suatu sistem, sekaligus menawarkan layanan untuk memanipulasi keadaan tersebut (metoda/fungsi).

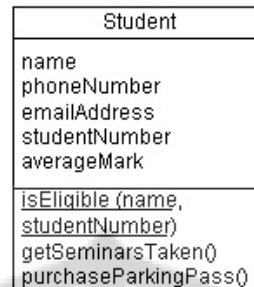
Class diagram menggambarkan struktur dan deskripsi *class*, *package* dan objek beserta hubungan satu sama lain seperti *containment*, pewarisan, asosiasi, dan lain-lain. *Class* memiliki tiga area pokok :

- Nama (dan stereotype)
- Atribut
- Metoda

Atribut dan metoda dapat memiliki salah satu sifat berikut :

- Private*, tidak dapat dipanggil dari luar *class* yang bersangkutan

- b. *Protected*, hanya dapat dipanggil oleh *class* yang bersangkutan dan anak-anak yang mewarisinya
- c. *Public*, dapat dipanggil oleh siapa saja



Gambar 2.7 Contoh Class Diagram

(Sumber: *Pengantar Unified Modeling Language (UML)*, IlmuKomputer.Com © 2003)

2.9 Statistik

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

2.9.1 Data

Data adalah sekumpulan nomor dari observasi-observasi yang berkaitan. Kumpulan data disebut data set, dan observasi tunggal disebut data point. Agar bermanfaat, data harus diolah dan dijadikan informasi yang menarik. Informasi adalah data yang telah diolah secara formal, dengan cara yang benar dan secara efektif, sehingga hasilnya bisa bermanfaat dalam operasional dan manajemen.

Ada dua jenis data yaitu: data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dan dikumpulkan secara langsung oleh peneliti yang berkepentingan. Data primer ini tidak tersedia dalam bentuk terkompilasi ataupun dalam bentuk-bentuk file, data ini harus dicari melalui narasumber atau elemen studi lainnya. Data primer dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu: melakukan *survey*, menyebarkan kuesioner, melakukan wawancara dan pengukuran kerja, dan lain-lain.

Data sekunder adalah data yang sudah tersedia sehingga kita tinggal mencari dan mengumpulkannya. Mengumpulkan data sekunder memang lebih mudah karena sudah tersedia, namun didalam pengumpulan data sekunder kita tidak boleh melakukan secara sembarangan. Data sekunder ada yang berupa data mentah yang belum di hitung dan ada data yang telah dihitung. Data sekunder dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, majalah, internet, dan lain-lain.

2.9.2 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.

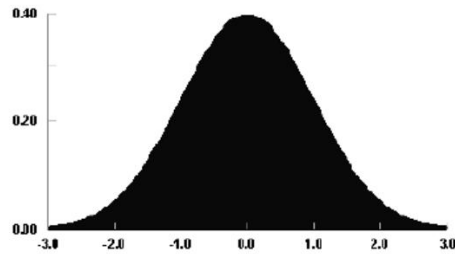
a. Distribusi Normal

Distribusi normal dengan notasi $N(\mu, \sigma^2)$, merupakan distribusi kontinyu yang tidak dibatasi tepinya. Distribusi ini sering kali disebut sebagai distribusi Gaussian atau kurva lonceng, karena bentuknya yang seperti lonceng. Biasanya 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 normal jumlahnya sangat sedikit

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{[x - \mu]^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.1)$$

Dimana : μ = parameter pergeseran = *mean*

σ = parameter skala = standar deviation



Gambar 2.8 Grafik Distribusi Normal

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

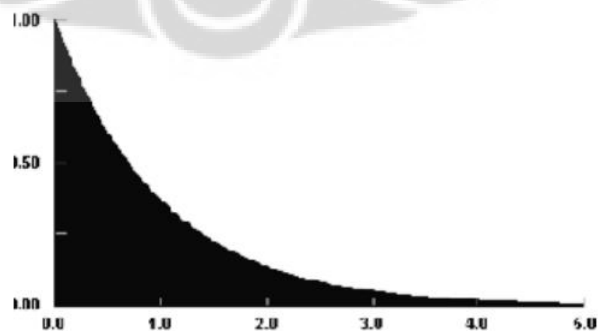
b. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan distribusi kontinyu yang dibatasi pada sisi bawahnya. Bentuknya selalu sama, dimulai dengan nilai tak hingga pada sisi bawah dan secara kontinyu 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.

$$f(x) = \frac{1}{\beta} eks \left(\frac{[x - min]}{\beta} \right) \quad (2.2)$$

Dimana : min = minimum nilai x

β = parameter skala = *mean*



Gambar 2.9 Grafik Distribusi Eksponensial

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

c. Distribusi Uniform

Distribusi uniform merupakan distribusi peluang diskrit yang paling sederhana yaitu peubah acaknya semua harganya dengan peluang yang sama.

$$f(x; A, B) = \begin{cases} \frac{1}{(B - A)} & A \leq x \leq B \\ 0 & \end{cases} \quad (2.3)$$

2.9.3 Distribution Fitting

Setelah data terkumpul kemudian dilakukan distribution fitting atau uji distribusi untuk mengetahui kesesuaian data terhadap distribusi tertentu. Perhitungan kesesuaian distribusi ini merupakan perhitungan Goodness of Fit pada tingkat kepercayaan tertentu. Perhitungan *Goodness of Fit* diantaranya dapat menggunakan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling dan Shapiro-Wilk

2.9.3.1 Tes Kolmogorov-Smirnov

Uji Kolmogorov Smirnov merupakan pengujian normalitas yang banyak dipakai, terutama setelah adanya banyak program statistik yang beredar. Statistik ini menggunakan fungsi distribusi kumulatif dan berdasarkan pada maksimum perbedaan antara dua distribusi, yaitu distribusi normal dengan distribusi data yang diamati. Biasanya digunakan untuk data berukuran kurang dari atau sama dengan 30. Bila nilai P value lebih besar atau sama dengan alpha, maka data berdistribusi normal. Kelebihan dari uji ini adalah sederhana dan tidak menimbulkan perbedaan persepsi di antara satu pengamat dengan pengamat yang lain, yang sering terjadi pada uji normalitas dengan menggunakan grafik. Konsep dasar dari uji normalitas Kolmogorov Smirnov adalah dengan membandingkan distribusi data (yang akan diuji normalitasnya) dengan distribusi normal baku. Distribusi normal baku adalah data yang telah ditransformasikan ke dalam bentuk Z-Score dan diasumsikan normal. Jadi sebenarnya uji Kolmogorov Smirnov adalah uji beda antara data yang diuji normalitasnya dengan data normal baku. Seperti pada uji beda biasa, jika signifikansi di bawah 0,05 berarti terdapat perbedaan yang signifikan, dan jika signifikansi di atas 0,05 maka tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Penerapan pada uji Kolmogorov Smirnov adalah

bahwa jika signifikansi di bawah 0,05 berarti data yang akan diuji mempunyai perbedaan yang signifikan dengan data normal baku, berarti data tersebut tidak normal.

$$D = \sup_x [|F_n(x) - F_0(x)|] \quad (2.4)$$

Dengan F adalah distribusi kumulatif teoretis dari distribusi yang sedang diuji yang harus berdistribusi kontinu (tidak ada masalah seperti distribusi diskrit binomial atau Poisson), dan harus sepenuhnya ditentukan (yaitu, lokasi, skala, dan bentuk parameter tidak dapat diperkirakan dari data).

Uji Kolmogorov - Smirnov juga memiliki beberapa keterbatasan (kelemahan) yang cukup penting untuk diketahui, yaitu:

- a. Uji KS cenderung lebih sensitif di dekat pusat distribusi daripada di ekor (ujung).
- b. Mungkin keterbatasan yang paling serius yaitu distribusinya harus benar-benar ditentukan. Artinya, jika lokasi, skala, dan bentuk parameter diperkirakan dari data, daerah kritis dari pengujian KS tidak lagi berlaku. Biasanya harus ditentukan dengan simulasi.

Karena keterbatasan di atas, banyak Analis lebih suka menggunakan Uji kebaikan Anderson-Darling. Namun, uji Anderson-Darling hanya tersedia untuk beberapa distribusi tertentu saja.

2.9.3.2 Tes Anderson Darling

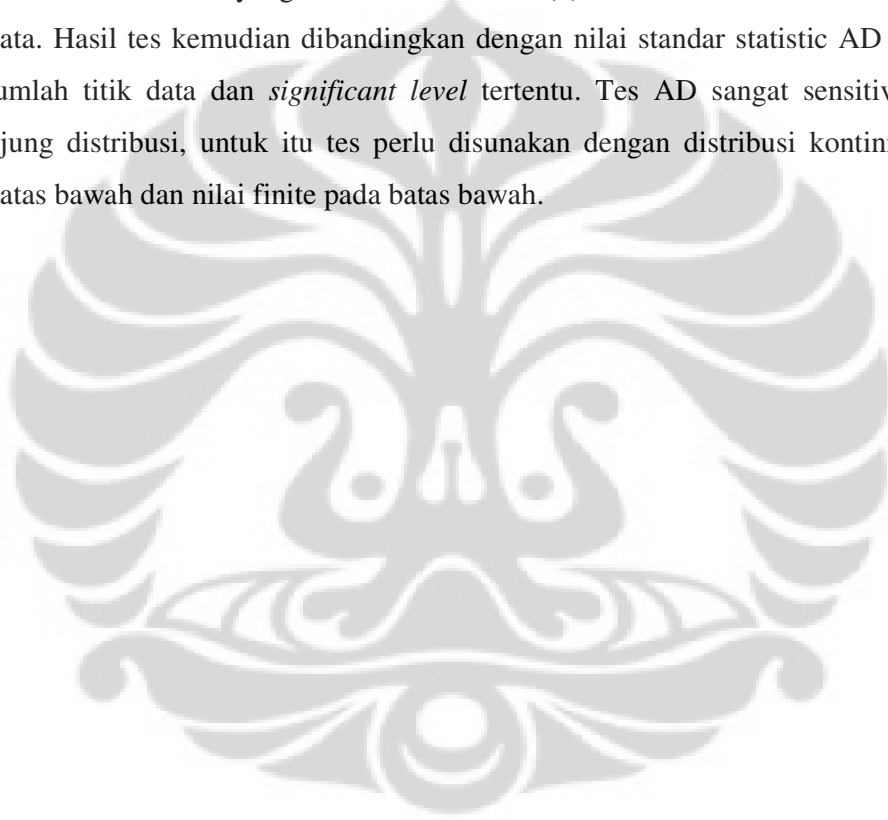
Statistik ini dikembangkan oleh Anderson dan Darling tahun 1954. Statistik Anderson-Darling berdasarkan pada fungsi distribusi empirik. Statistik ujinya dinamakan statistik yang merupakan kuadrat dari selisih antara luas histogram dengan luas daerah di bawah kurva normal. Bila nilai Pvalue lebih besar atau sama dengan alpha, maka data berdistribusi normal. Biasanya digunakan untuk data berukuran besar.

Tes Anderson-Darling 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:

$$W^2 = n \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[F_n(x) - F(x)]^2}{F(x)[1 - F(x)]} dF(x) \quad (2.5)$$

Untuk W^2 adalah nilai statistic AD, n adalah jumlah data, $F(x)$ adalah distribusi kumulatif yang disesuaikan, dan $F_n(x)$ adalah distribusi kumulatif dari data. Hasil tes kemudian dibandingkan dengan nilai standar statistic AD dengan jumlah titik data dan *significant level* tertentu. Tes AD sangat sensitive pada ujung distribusi, untuk itu tes perlu disunakan dengan distribusi kontiniu pada batas bawah dan nilai finite pada batas bawah.



BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini berisi tentang tahap-tahap pengumpulan data primer dan data sekunder. Selain itu pada bab ini juga terdapat pengolahan data yang dimana hasil dari data tersebut akan diolah agar bisa digunakan menjadi masukan bagi model yang akan dipakai.

3.1 Profil PT. Universal Tekno Reksajaya

PT. Universal Tekno Reksajaya adalah sebuah pabrik yang bergerak dibidang proses remanufaktur *engine* alat berat, secara khusus *engine* yang diproses adalah *engine* besar dan *engine* kecil. PT. Universal Tekno Reksajaya memiliki tiga proses bisnis yang utama yaitu *component rebuild*, *component fabrication*, *component maintenance*. Misi perusahaan yang dimiliki oleh PT. Universal Tekno Reksajaya adalah:

- Visi
Menjadi penyedia solusi manajemen komponen alat berat terbaik dalam industri alat berat
- Misi
 1. Membantu konsumen dalam mendapatkan *optimum unit lifetime and productivity* dengan menyediakan solusi manajemen komponen
 2. Memberikan kesempatan kepada karyawan untuk meningkatkan status social dan pemenuhan kebutuhan diri berdasarkan prestasi
 3. Menciptakan manfaat yang berkelanjutan terhadap seluruh *stakeholder*

PT. Universal Tekno Reksajaya terletak di Cakung, Jakarta Timur. Perusahaan ini dimiliki oleh PT. United Tractor sebesar 100 %. Dengan adanya PT. United Tractor sebagai pemilik perusahaan maka PT. Universal Tekno Reksajaya memiliki beberapa keuntungan seperti United Tractor memiliki Chanel distribusi yang kuat dan teknologi informasi yang digunakan selalu diperbarui. Fasilitas lainnya yang dimiliki oleh PT. Universal Tekno Reksajaya adalah tenaga kerja yang kompeten, memiliki sertifikasi ISO9001:2008, sumber daya dan proses produksi yang terintegrasi dengan SAP. Konsumen PT. Universal Tekno

Reksajaya antara lain berasal dari bidang pertambangan, kehutanan, perkebunan dan industri.

3.2 Tahap-Tahap Proses Remanufaktur *Engine Besar dan Engine Kecil* Pada PT. Universal Tekno Reksajaya

Bahan baku yang dibutuhkan pada proses remanufaktur *engine* adalah *damage core engine*. Produk *damage core engine* adalah *engine* yang telah habis masa umur pakainya atau *engine* yang mengalami kerusakan. *Damage core engine* berasal dari konsumen pengguna alat berat. *damage core* tersebut terbagi menjadi dua yaitu *damage core engine Besar* dan *damage core engine Kecil*. Perbedaan ukuran tersebut terletak dari ukuran silinder dan kapasitas yang digunakan. *damage core* yang digunakan hanya berasal dari produsen tertentu seperti Komatsu, Scannia, dan Nissan.

Tahapan proses remanufaktur pada PT. Universal Tekno Reksajaya adalah sebagai berikut:

a. Proses *Prewashing*

Damage core engine yang tiba di area penerimaan akan menuju ruangan *washing*. Pada ruangan tersebut, *engine* akan dibersihkan dengan menggunakan *jet sprayer*. Tujuan dari proses *Prewashing* adalah membersihkan *engine* agar mudah untuk dibongkar pada proses *disassembly*.

b. Proses *Disassembly*

Setelah *damage core* dibersihkan, maka *damage core* harus melalui tahap pembongkaran untuk menjadi beberapa sub *part* yang lebih kecil. Tahap pembogkaran tersebut terjadi di ruang *disassembly*. Pada tahap ini *engine* akan dibongkar menjadi beberapa bagian seperti bagian *sub assembly 1*, *sub assembly 2*, *sub assembly 3*, *FIP Room* dan *part* yang dapat digunakan langsung (*reuse part*)

c. Proses *Washing*

Bagian *engine* yang telah menjadi sub *part* yang lebih kecil akan dilakukan pembersihan secara lebih khusus. Pada tahap ini sub *part* pertama akan kembali dibersihkan dengan menggunakan *jet spray* dan untuk membersihkan sisa-sisa kotoran yang masih tersisa. Pada tahap ini juga

dilakukan penghilangan cat yang masih terdapat pada *engine*. Setelah proses *washing*, *engine* akan dikumpulkan dalam suatu *buffer* untuk ditampung sebelum dilanjutkan ke proses selanjutnya.

d. Proses *Sub Assembly* 1

Pada tahap ini komponen *engine* yang merupakan kelompok *part sub assembly* 1 akan dikumpulkan pada satu ruangan *sub assembly* 1 untuk diproses pada tahap selanjutnya. Bagian-bagian *engine* yang merupakan *sub assembly* 1 antara lain adalah *cylinder head*, *water pump*, *rocker arm*, *pulley*. Komponen yang akan dianalisa hanya komponen *cylinder head* dan *water pump*. Pemilihan komponen-komponen tersebut berdasarkan tingkat keseringan komponen tersebut untuk diperbaiki kembali sementara komponen lainnya lebih sering menjadi komponen yang langsung dapat digunakan kembali (*reuse part*). Proses-proses yang terjadi pada tahap ini antara lain adalah:

1. *Disassembly* dan *Measurement*

Cylinder head dan *water pump* yang telah tiba diruangan *sub assembly* 1 akan menuju tahap pembongkaran di *disassembly sub assembly* 1. Setelah melalui tahap pembongkaran, *cylinder head* dan *water pump* akan melalui tahap *Measurement* untuk diperiksa bagian kerusakannya. Pada tahap ini *cylinder head* akan dibagi menjadi tiga bagian *part* dan *water pump* akan dibagi menjadi dua bagian *part*. Pembagian dilakukan berdasarkan tingkat peluang kerusakan yang telah ditetapkan PT. Universal Tekno Reksajaya. Pembagian tersebut antara lain adalah yaitu *cylinder head sub part* 1 (CHSP1) sebagai *reuse part*, *cylinder head sub Part* 2 (CHSP2) sebagai *machining part*, dan *cylinder head sub Part* 3 (CHSP3) sebagai *disposal part*. *cylinder head* memiliki beberapa perbedaan dengan komponen lainnya. Perbedaan tersebut terletak pada adanya proses *machining* di komponen *cylinder head*. Pembagian *water pump* adalah *water pump Sub Part* 1 (WPSP1) sebagai *reuse part*, *water pump sub part* 2 (WPSP2) sebagai *disposal part*. Bagian *part* yang masuk kedalam *disposal* akan digantikan komponen yang berasal dari *Supplier*.

2. *Washing*

Pada tahap ini sub *part* komponen tersebut akan dibersihkan secara menyeluruh untuk menghilangkan kotoran yang masih menyisa pada tahap sebelumnya. Pembersihan *part* tersebut dilakukan dengan menggunakan *jet spray* dan *rotary wire*.

3. *Visual check*

Setelah melalui tahap *washing*, seluruh bagian *part* tersebut akan diperiksa kembali melalui tahap *visual check*. Pada tahap ini pemeriksaan kondisi *part* dilakukan secara lebih teliti untuk mengetahui kondisi aktual dari *part* tersebut. Setelah tahap *visual check part-part* tersebut akan kembali dikelompokkan berdasarkan tingkat kerusakannya. *Part* yang dapat digunakan kembali (*Reuse Part*) akan dikirim menuju tahap *assembly sub assembly 1*, *part* yang mengalami kerusakan ringan dan sedang akan diproses pada tahap *machining*. Proses *machining* hanya terjadi pada komponen *cylinder head*. *Part* yang mengalami kerusakan yang berat akan menjadi *part* disposal. *Part* yang rusak tersebut akan digantikan oleh *part* yang dikirimkan oleh *Supplier*.

4. *Machining*

Pada tahap ini hanya terjadi pada *cylinder head* sementara komponen lain tidak terdapat proses *machining*. *Part cylinder head* yang memasuki tahap *machining* akan diperbaiki dengan menggunakan beberapa mesin seperti mesin *lathe*, *surface grinding*, dan *milling machine*. Setelah tahap *machining*, *part* akan dikirim menuju tahap *assembly*.

5. *Assembly*

Seluruh komponen penyusun dari *cylinder head* dan *water pump* akan dikumpulkan pada tahap *assembly*. Pada *cylinder head*, komponen yang dikumpulkan adalah *reuse part*, *machining part* dan *Supplier part*. Sementara pada *water pump* komponen yang dikumpulkan adalah *reuse part* dan *Supplier part*. Setelah komponen tersebut dikumpulkan maka tahap berikutnya adalah merangkai komponen tersebut hingga menjadi *cylinder head* dan *water pump* dengan kondisi yang siap pakai.

e. Proses *Sub assembly 2*

Pada tahap ini sama dengan proses *sub assembly 1* yaitu komponen *engine* yang merupakan kelompok *part sub assembly 2* akan dikumpulkan pada satu ruangan *sub assembly 2* untuk diproses pada tahap selanjutnya. Bagian-bagian *engine* yang merupakan *sub assembly 2* antara lain adalah *bracket oil filter, oil pump, after cooler, oil cooler*. Komponen yang akan disimulasikan hanya komponen *oil pump* dan *oil cooler*. Sama dengan tahap sebelumnya pemilihan komponen-komponen tersebut dipilih berdasarkan tingkat keseringan komponen tersebut untuk diperbaiki kembali sementara komponen lainnya seperti *after cooler* dan *bracket oil Filter* lebih sering menjadi komponen yang langsung dapat digunakan kembali (*reuse part*). Proses-proses yang terjadi pada tahap ini mirip dengan proses *sub assembly 1*. Perbedaanya terletak pada tidak adanya proses *machining* pada proses *sub assembly 2*. Proses tersebut antara lain adalah:

1. *Disassembly dan Measurement*

Proses *disassembly* dan *measurement* yang terjadi di *sub assembly 2* secara umum sama dengan yang terjadi di *sub assembly 1*. *oil pump* dan *oil cooler* yang telah tiba diruangan *sub assembly 2* akan menuju tahap pembongkaran di *disassembly Sub assembly 2*. Setelah melalui tahap pembongkaran, *oil pump* dan *oil cooler* akan melalui tahap *Measurement* untuk diperiksa bagian kerusakannya. Pada tahap ini *oil pump* akan dibagi menjadi dua bagian *part* dan *oil cooler* akan dibagi menjadi dua bagian *part*. Pembagian dilakukan berdasarkan tingkat peluang kerusakan yang telah ditetapkan PT. Universal Tekno Reksajaya. Pembagian tersebut antara lain adalah yaitu *oil pump Sub Part 1* (OPSP1) sebagai *reuse part*, *oil pump sub part 2* (OPSP2) sebagai *Reuse Part*. Pembagian *oil cooler* adalah *oil cooler sub part 1* (OCSP1) sebagai *reuse part*, *oil cooler sub part 2* (OCSP2) sebagai *disposal part*. Bagian *part* yang masuk kedalam *disposal* akan digantikan komponen yang berasal dari *Supplier*.

2. *Washing*

Pada tahap ini sama dengan proses *sub assembly* 1, sub *part* komponen tersebut akan dibersihkan secara menyeluruh untuk menghilangkan kotoran yang masih menyisa pada tahap sebelumnya. Pembersihan *part* tersebut dilakukan dengan menggunakan *jet spray* dan *rotary wire*.

3. *Visual check*

Tahap *visual check sub assembly* 2 secara garis besar sama dengan *visual check* yang terdapat pada *sub assembly* 1. Perbedaannya terletak pada tidak adanya komponen yang dikirim pada tahap *machining*. Tahap ini dimulai setelah seluruh melalui tahap *washing*. Seluruh bagian *part* tersebut akan diperiksa kembali melalui tahap *visual check*. Pada tahap ini pemeriksaan kondisi *part* dilakukan secara lebih teliti untuk mengetahui kondisi aktual dari *part* tersebut. Setelah tahap *visual check part-part* tersebut akan kembali dikelompokkan berdasarkan tingkat kerusakannya. *Part* yang dapat digunakan kembali (*reuse part*) akan dikirim menuju tahap *assembly sub assembly* 2. *Part* yang mengalami kerusakan yang berat akan menjadi *part disposal*. *Part* yang rusak tersebut akan digantikan oleh *part* yang dikirimkan oleh *Supplier*.

4. *Assembly*

Seluruh komponen penyusun dari *Oil pump* dan *Oil cooler* akan dikumpulkan pada tahap *Assembly*. Pada *Oil pump* dan *Oil cooler*, komponen yang dikumpulkan adalah *Reuse Part*, dan *Supplier Part*. Setelah komponen tersebut dikumpulkan maka tahap berikutnya adalah merangkai komponen tersebut hingga menjadi *Oil pump* dan *Oil cooler* dengan kondisi yang siap pakai.

f. Proses *Sub assembly* 3

Pada tahap ini sama dengan proses *sub assembly* 1 dan *sub assembly* 2 yaitu komponen *engine* yang merupakan kelompok *part sub assembly* 3 akan dikumpulkan pada satu ruangan *sub assembly* 3 untuk diproses pada tahap selanjutnya. Bagian-bagian *engine* yang merupakan *sub assembly* 3 antara lain adalah *starter motor*, *turbo charger*, *alternator*, *sensor*. Komponen yang akan disimulasikan hanya komponen *alternator*, *starter motor* dan *turbo*

charger. Sama dengan dua tahap sebelumnya pemilihan komponen-komponen tersebut dipilih berdasarkan tingkat keseringan komponen tersebut untuk diperbaiki kembali (*remanufactur*) sementara komponen lainnya seperti *sensor* lebih sering menjadi komponen yang langsung dapat digunakan kembali (*reuse part*). Proses-proses yang terjadi pada tahap ini mirip dengan proses *sub assembly* 1 dan 2. Perbedaannya sama dengan *sub assembly* 2 yaitu terletak pada tidak adanya proses *machining*. Perbedaan lainnya adalah tidak adanya komponen *turbo charger* pada bagian *engine* Kecil. Proses-proses tersebut antara lain adalah:

1. *Disassembly* dan *Measurement*

Proses *Disassembly* dan *measurement* yang terjadi di *sub assembly* 3 secara umum sama dengan yang terjadi di *sub assembly* 1 dan *sub assembly* 2. *Alternator*, *Starter motor*, dan *turbo charger* yang telah tiba diruangan *sub assembly* 3 akan menuju tahap pembongkaran di *disassembly sub assembly* 3. Setelah melalui tahap pembongkaran, *alternator*, *starter motor* dan *turbo charger* akan melalui tahap *measurement* untuk diperiksa bagian kerusakannya. Pada tahap ini *alternator*, *starter motor*, dan *turbo charger* dibagi menjadi dua bagian *part*. Pembagian tersebut dilakukan sama dengan *sub assembly* 1 dan *sub assembly* 2 yaitu berdasarkan tingkat peluang kerusakan yang telah ditetapkan PT. Universal Tekno Reksajaya. Pembagian tersebut antara lain adalah yaitu *alternator sub Part 1* (ALSP1) sebagai *reuse part*, *alternator sub part 2* (ALSP2) sebagai *disposal part*. Pembagian *starter motor* adalah *starter motor Sub Part 1* (SMSP1) sebagai *reuse part* dan *starter motor sub part 2* (OCSP2) sebagai *disposal part*. Pembagian *part* pada *Turbo charger* adalah antara lain *turbo charger sub part 1* (TCSP1) sebagai *reuse part* dan *turbo charger Sub Part 2* (TCSP2) sebagai *disposal part*. Bagian *part* yang masuk kedalam *disposal* akan digantikan komponen yang berasal dari *Supplier*.

2. *Washing*

Pada tahap ini sama dengan proses *Sub assembly* 1 dan *Sub assembly* 2, *sub part* komponen tersebut akan dibersihkan secara menyeluruh untuk

menghilangkan kotoran yang masih menyisa pada tahap sebelumnya. Pembersihan *part* tersebut dilakukan dengan menggunakan *jet spray* dan *rotary wire brush*

3. *Visual check*

Tahap *visual check sub assembly 3* secara garis besar sama dengan *visual check* yang terdapat pada *sub assembly 1* dan *sub assembly 2*. Perbedaannya terletak pada tidak adanya komponen yang dikirim pada tahap *machining*. Tahap ini dimulai setelah seluruh melalui tahap *washing*. Seluruh bagian *part* tersebut akan diperiksa kembali melalui tahap *visual check*. Pada tahap ini pemeriksaan kondisi *part* dilakukan secara lebih teliti untuk mengetahui kondisi aktual dari *part* tersebut. Setelah tahap *visual check*, *part* tersebut akan kembali dikelompokkan berdasarkan tingkat kerusakannya. *Part* yang dapat digunakan kembali (*reuse Part*) akan dikirim menuju tahap *assembly sub assembly 3*, *part* yang mengalami kerusakan yang berat akan menjadi *part disposal*. *Part* yang rusak tersebut akan digantikan oleh *part* yang dikirimkan oleh *Supplier*.

4. *Assembly*

Seluruh komponen penyusun dari *alternator*, *starter motor* dan *turbo charger* akan dikumpulkan pada tahap *assembly*. Pada ketiga bagian *engine* tersebut, komponen yang dikumpulkan adalah *reuse part*, dan *Supplier part*. Setelah komponen tersebut dikumpulkan maka tahap berikutnya adalah merangkai komponen tersebut hingga menjadi *alternator*, *starter motor* dan *turbo charger* dengan kondisi yang siap pakai.

g. Proses *FIP Room*

Pada tahap ini sama dengan proses *sub assembly 1*, *sub assembly 2* dan *sub assembly 3* yaitu komponen *engine* yang merupakan kelompok *part FIP Room 3* akan dikumpulkan pada satu ruangan *FIP Room* untuk diproses pada tahap selanjutnya. Bagian *engine* yang merupakan *FIP Room* adalah *Fuel Injection Pump*. Proses-proses yang terjadi pada tahap ini sama dengan proses *sub assembly 1*, *Sub assembly 2* dan *Sub assembly 3*. Perbedaannya

yaitu terletak pada tidak adanya proses *Machining* seperti pada *Sub assembly*

1. Proses-proses tersebut antara lain adalah:

1. *Disassembly* dan *Measurement*

Proses *disassembly* dan *measurement* yang terjadi di *FIP Room* secara umum sama dengan yang terjadi di *sub assembly 1*, *sub assembly 2* dan *sub assembly 3*. *Fuel injection pump* (FIP) yang telah tiba diruangan *FIP Room* akan menuju tahap pembongkaran di *disassembly FIP Room*. Setelah melalui tahap pembongkaran, *Fuel injection pump* akan melalui tahap *measurement* untuk diperiksa bagian kerusakannya serta ukuran-ukuran *part* yang terdapat pada *Fuel injection pump*. Pada tahap ini *Fuel injection pump* dibagi menjadi dua bagian *part*. Pembagian tersebut antara lain adalah yaitu *FIP sub part 1* (FIPSP1) sebagai *reuse Part*, *FIP sub Part 2* (FIPSP2) sebagai *disposal Part*. Bagian *part* yang masuk kedalam *disposal* akan digantikan komponen yang berasal dari *Supplier*.

2. *Washing*

Pada tahap ini sama dengan porses *sub assembly 1*, *sub assembly 2*, dan *sub assembly 3* *sub part* komponen tersebut akan dibersihkan secara menyeluruh untuk menghilangkan kotoran yang masih menyisa pada tahap sebelumnya. Pembersihan *part* tersebut dilakukan dengan menggunakan *jet spray* dan *rotary wire brush*

3. *Visual check*

Tahap *visual check* *FIP Room* secara garis besar sama dengan *Visual check* yang terdapat pada *sub assembly 1*, *sub assembly 2* dan *sub assembly 3*. Perbedaannya terletak pada tidak adanya komponen yang dikirim pada tahap *machining*. Tahap ini dimulai setelah seluruh *sub part* melalui tahap *washing*. Seluruh bagian *part* tersebut akan diperiksa kembali melalui tahap *visual check*. Pada tahap ini pemeriksaan kondisi *part* dilakukan secara lebih teliti untuk mengetahui kondisi aktual dari *part* tersebut. Setelah tahap *visual check part-part* tersebut akan kembali dikelompokan berdasarkan tingkat kerusakannya. *Part* yang dapat digunakan kembali (*reuse Part*) akan dikirim menuju tahap *assembly FIP Room*, *part* yang mengalami kerusakan yang berat akan menjadi *part*

disposal. *Part* yang rusak tersebut akan digantikan oleh *part* yang dikirimkan oleh *Supplier*.

4. *Assembly*

Seluruh komponen penyusun dari *fuel injection pump* akan dikumpulkan pada tahap *Assembly*. Pada ketiga bagian *engine* tersebut, komponen yang dikumpulkan adalah *reuse part*, dan *Supplier part*. Setelah komponen tersebut dikumpulkan maka tahap berikutnya adalah merangkai komponen tersebut hingga menjadi *fuel injection pump* dengan kondisi yang siap pakai.

h. Proses *Reuse Part Line* dan *Machining*

Komponen penyusun *engine* seperti *crank shaft* harus melewati tahap *machining* secara khusus di ruang *machining*. Pada tahap ini akan diproses beberapa pengerjaan fabrikasi untuk memperbaiki kondisi komponen tersebut. Komponen yang dapat langsung digunakan (*reuse Part*) pada proses pengecekan *main disassembly* akan melewati *reuse Part Line* untuk menuju tahap *main assembly*.

i. Proses *Main Assembly*

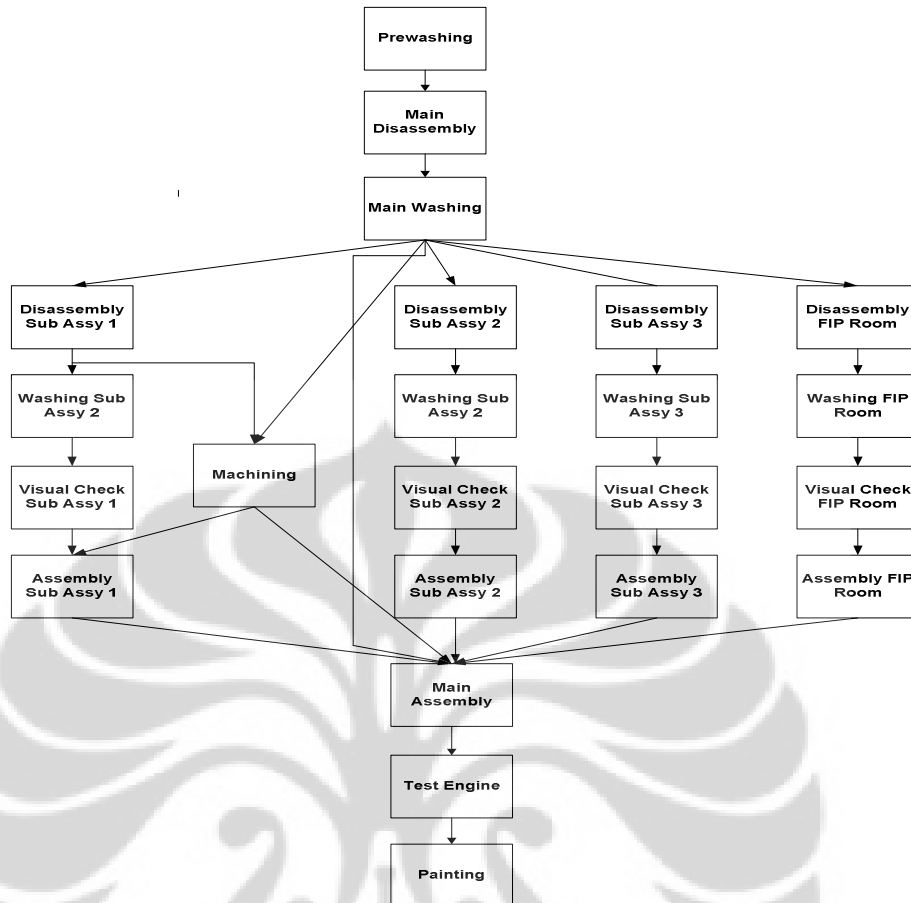
Seluruh komponen penyusun dari *sub assembly 1*, *sub assembly 2*, *sub assembly 3 FIP Room*, *reuse Part line* dan *Machining* akan dikumpulkan menjadi satu pada tahap *main Assembly*. Pada proses tersebut seluruh komponen akan disusun kembali sebagai *engine* besar atau *engine* kecil.

j. Proses *Test Engine*

Engine yang telah disusun tersebut akan memasuki tahap pengecekan kinerja *Engine* pada tahap *Test Engine* untuk melihat apakah *engine* tersebut telah layak digunakan atau tidak. Tahap ini dilakukan di ruangan *Dyno Room*. Setelah tahap pengecekan selesai maka *Engine* akan masuk tahap yang terakhir yaitu *Painting*.

k. Proses *Painting*

Pada tahap ini *engine* yang telah selesai tahap pengecekan performa akan memasuki tahap pengecatan (*Painting*). Proses pengecatan dapat dilakukan oleh PT. Universal Tekno Reksajaya maupun perusahaan lain.



Gambar 3.1 Flow Proses Produksi Remanufaktur

3.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian kali ini dilakukan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data hasil wawancara terhadap karyawan PT. Universal Tekno Reksajaya untuk mengetahui rentang waktu pada setiap proses. Sedangkan pada data sekunder merupakan data yang diperoleh dari perusahaan berupa data-data mengenai produksi seperti data historis produk yang kembali, data historis produksi, dan waktu kerja pabrik.

3.3.1 Data Primer

Data primer yang didapat adalah data hasil wawancara terhadap waktu rentang proses di PT. Universal Tekno Reksajaya pada *engine* Besar dan dan *engine* Kecil.

3.3.1.1 Engine Besar (Big Engine)

a. Proses *Prewashing, Main Disassembly, dan Washing*

Tabel 3.1 Data Waktu Proses *Prewashing, Main Disassembly, Washing Engine Besar*

Nama Proses	Engine Besar	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Prewashing</i>	480	600
<i>Main Disassembly</i>	28800	57600
<i>Main Washing</i>	23400	28800

b. Proses Komponen *Cylinder head*

Tabel 3.2 Data Waktu Proses *Cylinder head Engine Besar*

Nama Proses	Engine Besar	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Cylinder head</i>	28800	39600
<i>Washing Cylinder head</i>	28800	39600
<i>Visual check Cylinder head</i>	1800	3600
<i>Machining Cylinder head</i>	21600	28800
<i>Assembly Cylinder head</i>	21600	28800

c. Proses Komponen *Water pump*

Tabel 3.3 Data Waktu Proses *Water Pump Engine Besar*

Nama Proses	Engine Besar	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Water pump</i>	7200	10800
<i>Washing Water pump</i>	3600	7200
<i>Visual check Water pump</i>	1800	3600
<i>Assembly Water pump</i>	21600	28800

d. Proses Komponen *Oil pump***Tabel 3.4** Data Waktu Proses *Oil pump Engine Besar*

Nama Proses	<i>Engine Besar</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Oil pump</i>	3600	7200
<i>Washing Oil pump</i>	1800	3600
<i>Visual check Oil pump</i>	1800	3600
<i>Assembly Oil pump</i>	3600	7200

e. Proses Komponen *Oil cooler***Tabel 3.5** Data Waktu Proses *Oil Cooler Engine Besar*

Nama Proses	<i>Engine Besar</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Oil cooler</i>	3600	7200
<i>Washing Oil cooler</i>	1800	3600
<i>Visual check Oil cooler</i>	1800	3600
<i>Assembly Oil cooler</i>	3600	7200

f. Proses Komponen *Altenator***Tabel 3.6** Data Waktu Proses *Altenator Engine Besar*

Nama Proses	<i>Engine Besar</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Altenator</i>	7200	10800
<i>Washing Altenator</i>	3600	7200
<i>Visual check Altenator</i>	1800	3600
<i>Assembly Altenator</i>	7200	10800

g. Proses Komponen Starter Motor

Tabel 3.7 Data Waktu Proses *Stater Motor Engine Besar*

Nama Proses	<i>Engine Besar</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Stater Motor</i>	7200	10800
<i>Washing Stater Motor</i>	3600	7200
<i>Visual check Stater Motor</i>	1800	3600
<i>Assembly Stater Motor</i>	7200	10800

h. Proses Komponen *Turbo charger***Tabel 3.8** Data Waktu Proses *Turbo Charger Engine Besar*

Nama Proses	<i>Engine Besar</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Turbo charger</i>	7200	10800
<i>Washing Turbo charger</i>	9000	12600
<i>Visual check Turbo charger</i>	1800	3600
<i>Assembly Turbo charger</i>	18000	19800

i. Proses Komponen FIP Room

Tabel 3.9 Data Waktu Proses FIP Room *Engine Besar*

Nama Proses	<i>Engine Besar</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly FIP Room</i>	7200	10800
<i>Washing FIP Room</i>	25200	28800
<i>Visual check FIP Room</i>	1800	3600
<i>Assembly FIP Room</i>	18000	19800

j. Proses *Machining, Main Assembly, Test Engine* dan *Painting***Tabel 3.10** Data Waktu Proses *Machining, Main Assembly, Test Engine, dan Painting Engine Besar*

Nama Proses	<i>Engine Besar</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Machining</i>	21600	28800
<i>Main Assembly</i>	172800	237600
<i>Test Engine</i>	86400	118800
<i>Painting</i>	28800	39600

3.3.1.2 Engine Kecil (*Small Engine*)

a. Proses *Prewashing*, *Main Disassembly*, dan *Washing*

Tabel 3.11 Data Waktu Proses *Prewashing*, *Main Disassembly*, dan *Washing Engine* Kecil

Nama Proses	Engine Kecil	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Prewashing</i>	360	480
<i>Main Disassembly</i>	21600	28800
<i>Main Washing</i>	21600	25200

b. Proses Komponen *Cylinder head*

Tabel 3.12 Data Waktu Proses *Cylinder Head Engine* Kecil

Nama Proses	Engine Besar	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Cylinder head</i>	14400	21600
<i>Washing Cylinder head</i>	21600	28800
<i>Visual check Cylinder head</i>	1800	3600
<i>Machining Cylinder head</i>	3600	7200
<i>Assembly Cylinder head</i>	7200	14400

c. Proses Komponen *Water pump*

Tabel 3.13 Data Waktu Proses *Water pump Engine* Kecil

Nama Proses	Engine Kecil	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Water pump</i>	3600	7200
<i>Washing Water pump</i>	3600	7200
<i>Visual check Water pump</i>	1800	3600
<i>Assembly Water pump</i>	3600	7200

d. Proses Komponen *Oil Pump***Tabel 3.14** Data Waktu Proses *Oil pump Engine Kecil*

Nama Proses	<i>Engine Kecil</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Oil pump</i>	3600	7200
<i>Washing Oil pump</i>	3600	7200
<i>Visual check Oil pump</i>	1800	3600
<i>Assembly Oil pump</i>	3600	7200

e. Proses Komponen *Oil Cooler***Tabel 3.15** Data Waktu Proses *Oil cooler Engine Kecil*

Nama Proses	<i>Engine Kecil</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Oil cooler</i>	3600	7200
<i>Washing Oil cooler</i>	3600	7200
<i>Visual check Oil cooler</i>	1800	3600
<i>Assembly Oil cooler</i>	3600	7200

f. Proses Komponen *Altenator***Tabel 3.16** Data Waktu Proses *Altenator Engine Kecil*

Nama Proses	<i>Engine Kecil</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Altenator</i>	3600	7200
<i>Washing Altenator</i>	1800	3600
<i>Visual check Altenator</i>	1800	3600
<i>Assembly Altenator</i>	3600	7200

g. Proses Komponen *Starter Motor***Tabel 3.17** Data Waktu Proses *Stater Motor Engine Kecil*

Nama Proses	<i>Engine Kecil</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly Stater Motor</i>	3600	7200
<i>Washing Stater Motor</i>	1800	3600
<i>Visual check Stater Motor</i>	1800	3600
<i>Assembly Stater Motor</i>	3600	7200

h. Proses Komponen FIP Room

Tabel 3.18 Data Waktu Proses FIP Room *Engine Kecil*

Nama Proses	<i>Engine Kecil</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Disassembly FIP Room</i>	1800	3600
<i>Washing FIP Room</i>	21600	25200
<i>Visual check FIP Room</i>	1800	3600
<i>Assembly FIP Room</i>	14400	16200

i. Proses Machning, *Main Assembly, Test Engine, dan Painting***Tabel 3.19** Data Waktu Proses *Machining, Main Assembly, Test Engine dan Painting Engine Kecil*

Nama Proses	<i>Engine Kecil</i>	
	Rentang Terendah (detik)	Rentang Tertinggi (detik)
<i>Machining</i>	21600	28800
<i>Main Assembly</i>	144000	198000
<i>Test Engine</i>	86400	118800
<i>Painting</i>	28800	39600

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder yang diperoleh antara lain adalah data hasil produksi, data barang yang kembali dari konsumen, data. Data-data tersebut merupakan data historis tahun 2011. Berikut adalah perincian masing-masing data tersebut.

3.3.2.1 Data Historis Produksi Tahun 2011

Tabel 3.20 Data Historis Produksi Tahun 2011

Bulan	Produksi (2011)		
	<i>Engine Kecil</i>	<i>Engine Besar</i>	Total
Januari	0	0	0
Februari	1	2	3
Maret	3	4	7
April	3	4	7
Mei	5	3	8
Juni	4	5	9
Juli	1	1	2
Agustus	2	2	4
September	5	2	7
Oktober	2	4	6
November	5	6	11
Desember	4	3	7
Total	35	36	71

3.3.2.2 Data Historis Produk yang Kembali Tahun (Bahan Baku) 2011

Tabel 3.21 Data Historis Produk Yang Kembali Tahun (Bahan Baku) 2011

Bulan	DC IN (2011)		
	<i>Engine Kecil</i>	<i>Engine Besar</i>	Total
Januari	7	3	10
Februari	4	1	5
Maret	6	10	16
April	4	0	4
Mei	10	6	16
Juni	5	9	14
Juli	2	1	3
Agustus	3	2	5
September	3	3	6
Oktober	6	5	11
November	6	3	9
Desember	10	5	15
Total	66	48	114

3.4 Pengolahan Data

Setelah melakukan pengumpulan data terutama data waktu proses produksi, maka diperlukan pengolahan terhadap data tersebut untuk mendapatkan distribusi waktu yang cocok untuk digunakan pada tahap simulasi. Pada tahap pengolahan data ada beberapa tahap yang harus dilakukan. Tahap-tahap tersebut antara lain adalah sebagai berikut.

3.4.1 Pengolahan Angka Acak

Pada tahap ini, rentang waktu yang terdapat disetiap proses diubah menjadi angka acak. Pengolahan angka acak tersebut diolah dengan menggunakan software excel. Untuk memperoleh angka acak tersebut rentang tertinggi dan terendah dari masing-masing proses diasumsikan sebagai batas atas dan batas bawah dari angka acak yang diolah. Pengolahan angka acak setiap prosesnya dilakukan sebanyak 150 data. Tujuan dari pembuatan angka acak tersebut adalah untuk mendapatkan asumsi *time study* dari masing-masing proses. Asumsi *time study* tersebut nantinya akan digunakan untuk mengetahui distribusi waktu proses yang cocok pada simulasi. Pengolahan angka acak terdapat pada bagian lampiran.

3.4.2 Distribusi Data

Pada tahap ini angka acak yang telah didapatkan akan diproses pada tahap selanjutnya yaitu distribusi data. Pengolahan distribusi data dapat menggunakan aplikasi yang terdapat di software Plant Simulation yaitu data fit. Angka acak setiap waktu proses sebanyak 150 data akan diolah dengan menggunakan data fit. Aplikasi data fit terdapat beberapa uji statistik yang terdapat didalamnya. Uji statistik tersebut antara lain adalah Uji Anderson-Darling dan Uji Kolmogorov-Smirnov. Uji Statistik tersebut untuk melihat jenis distribusi pada masing-masing waktu proses. Hasil yang didapat pada tahap pengolahan distribusi data adalah sebagai berikut.

a. Proses *Prewashing, Main Disassembly, dan Washing***Tabel 3.22** Distribusi Waktu Proses *Prewashing, Disassembly dan Washing Engine Besar*

No	Nama Proses	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Prewashing</i>	Uniform	480	600
2	<i>Main Disassembly</i>	Uniform	29211	57474
3	<i>Main Washing</i>	Uniform	23413	28709

b. Proses *Cylinder head (Big Engine)***Tabel 3.23** Distribusi Waktu Proses *Cylinder Head Engine Besar*

No	Nama Proses <i>Cylinder head</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	28889	39577
2	<i>Washing</i>	Uniform	28835	39564
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1800	3568
4	<i>Machining</i>	Uniform	21634	28731
5	<i>Assembly</i>	Uniform	21626	28781

c. Proses *Water pump (Big Engine)***Tabel 3. 24** Distribusi Waktu Proses *Water pump Engine Besar*

No	Nama Proses <i>Water pump</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	7234	10647
2	<i>Washing</i>	Uniform	3602	7185
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1806	3596
4	<i>Assembly</i>	Normal	24968	2039

d. Proses *Oil pump (Big Engine)***Tabel 3.25** Distribusi Waktu Proses *Oil pump Engine Besar*

No	Nama Proses <i>Oil pump</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Normal	5519	1034
2	<i>Washing</i>	Uniform	1839	3591
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1807	3595
4	<i>Assembly</i>	Uniform	3605	7195

e. Proses *Oil cooler (Big Engine)***Tabel 3.26** Distribusi Waktu Proses *Oil Cooler Engine Besar*

No	Nama Proses <i>Oil cooler</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	3606	7193
2	<i>Washing</i>	Uniform	1802	3598
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1802	3586
4	<i>Assembly</i>	Uniform	3614	7179

f. Proses *Altenator (Big Engine)***Tabel 3. 27** Distribusi Waktu Proses *Altenator Engine Besar*

No	Nama Proses <i>Altenator</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	7211	10733
2	<i>Washing</i>	Uniform	3612	7178
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1816	3583
4	<i>Assembly</i>	Uniform	7237	10773

g. Proses *Starter motor (Big Engine)***Tabel 3.28** Distribusi Waktu Proses *Starter motor Engine Besar*

No	Nama Proses <i>Starter motor</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	7218	10796
2	<i>Washing</i>	Uniform	3632	7198
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1806	3570
4	<i>Assembly</i>	Uniform	7232	10773

h. Proses *Turbo charger (Big Engine)***Tabel 3.29** Distribusi Waktu Proses *Turbo charger Engine Besar*

No	Nama Proses <i>Turbo charger</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	7211	10767
2	<i>Washing</i>	Uniform	9018	12599
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1801	3600
4	<i>Assembly</i>	Uniform	18003	19771

i. Proses *FIP Room (Big Engine)***Tabel 3.30** Distribusi Waktu Proses *FIP Room Engine Besar*

No	Nama Proses FIP Room	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	7321	10797
2	<i>Washing</i>	Uniform	25217	28790
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1800	3592
4	<i>Assembly</i>	Uniform	18007	19789

j. Proses *Machining, Main Assembly, Test Engine, Painting (Big Engine)***Tabel 3.31** Distribusi Waktu Proses *Machining, Main Assembly, Test Engine, Painting Engine Besar*

No	Nama Proses	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Machining</i>	Uniform	21600	28800
2	<i>Main Assembly</i>	Uniform	172805	236264
3	<i>Test Engine</i>	Uniform	86415	118734
4	<i>Painting</i>	Uniform	28836	39586

k. Proses *Prewashing, Disassembly, Main Washing (Small Engine)***Tabel 3.32** Distribusi Waktu Proses *Prewashing, Disassembly, Main Washing Engine Kecil*

No	Nama Proses	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Prewashing</i>	Uniform	360	480
2	<i>Main Disassembly</i>	Uniform	21618	28773
3	<i>Main Washing</i>	Uniform	21618	28773

l. Proses *Cylinder head (Small Engine)***Tabel 3.33** Distribusi Waktu Proses *Cylinder Head Engine Kecil*

No	Nama Proses <i>Cylinder head</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	14498	21481
2	<i>Washing</i>	Uniform	21722	28793
3	<i>Visual check</i>	Normal	2635	497
4	<i>Machining</i>	Uniform	3611	7188
5	<i>Assembly</i>	Uniform	7227	14371

m. Proses *Water pump (Small Engine)***Tabel 3.34** Distribusi Waktu Proses *Water pump Engine Kecil*

No	Nama Proses <i>Water pump</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	3614	7188
2	<i>Washing</i>	Uniform	3621	7165
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1803	3577
4	<i>Assembly</i>	Normal	5356	975

n. Proses *Oil pump (Small Engine)***Tabel 3.35** Distribusi Waktu Proses *Oil pump Engine Kecil*

No	Nama Proses <i>Oil pump</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	3641	7192
2	<i>Washing</i>	Uniform	3611	7159
3	<i>Visual check</i>	Normal	2731	535
4	<i>Assembly</i>	Uniform	3623	7184

o. Proses *Oil cooler (Small Engine)***Tabel 3.36** Distribusi Waktu Proses *Oil cooler Engine Kecil*

No	Nama Proses <i>Oil cooler</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	3607	7198
2	<i>Washing</i>	Normal	5440	1005
3	<i>Visual check</i>	Normal	2739	495
4	<i>Assembly</i>	Uniform	3650	7200

p. Proses *Altenator (Small Engine)***Tabel 3.37** Distribusi Waktu Proses *Altenator Engine Kecil*

No	Nama Proses <i>Altenator</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	3608	7149
2	<i>Washing</i>	Uniform	3618	7164
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1840	3596
4	<i>Assembly</i>	Uniform	3678	7195

q. Proses *Starter motor (Small Engine***Tabel 3.38** Distribusi Waktu Proses *Starter motor Engine Kecil*

No	Nama Proses <i>Starter motor</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	3623	7140
2	<i>Washing</i>	Uniform	1806	3572
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1806	3600
4	<i>Assembly</i>	Uniform	3608	7174

r. Proses *FIP Room (Small Engine)***Tabel 3.39** Distribusi Waktu Proses *FIP Room Engine Kecil*

No	Nama Proses FIP Room	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	1807	3566
2	<i>Washing</i>	Uniform	21640	25163
3	<i>Visual check</i>	Uniform	1803	3582
4	<i>Assembly</i>	Uniform	14401	16199

s. Proses *Machining, Main Assembly, Test Engine, Painting (Small Engine)***Tabel 3.40** Distribusi Waktu Proses *Machining, Main Assembly, Test Engine, Painting Engine Kecil*

No	Nama Proses	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Machining</i>	Uniform	21600	28800
2	<i>Main Assembly</i>	Uniform	144285	197295
3	<i>Test Engine</i>	Uniform	86408	118724
4	<i>Painting</i>	Uniform	28832	39426

3.5 Pembuatan Formulasi Model

Pada tahap pembuatan formulasi model, hal yang dilakukan pertama kali dalam pembuatan model berbasis objek adalah pembuatan bahasa pemodelan yaitu *unified modeling language*. Penggunaan *unified modeling language* bertujuan untuk membuat kelas-kelas yang berada pada sistem. Kemudian setelah menentukan kelas-kelas yang akan digunakan tahap selanjutnya adalah pembuatan diagram use case untuk menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari

sistem. Setelah tahap tersebut, maka tahap berikutnya adalah memetakan kelas-kelas tersebut ke dalam software simulasi yang akan digunakan.

3.5.1 Kelas

Kelas adalah sebuah spesifikasi yang jika diinstansiasi akan menghasilkan sebuah objek dan merupakan inti dari pengembangan dan desain berorientasi objek. Kelas berfungsi sebagai blue print atau sebuah cetakan dalam membuat sebuah objek. Kelas memiliki tiga area pokok:

1. Nama
2. Atribut
3. Metoda

Dalam pembuatan model sistem remanufaktur di PT. Universal Tekno Reksajaya dalam membuat produk *engine* besar dan *engine* kecil maka kelas-kelas yang diperlukan untuk membentuk model ini adalah

a. *Engine Besar dan Engine Kecil*

Merupakan material awal dalam proses remanufaktur yang berasal dari konsumen

- b. *Cylinder head (Engine Besar dan Engine Kecil)*
- c. *Water pump (Engine Besar dan Engine Kecil)*
- d. *Oil pump (engine besar dan engine kecil)*
- e. *Oil cooler (engine besar dan engine kecil)*
- f. *Altenator (engine besar dan engine kecil)*
- g. *Starter motor (engine besar dan engine kecil)*
- h. *Turbo charger (engine besar)*
- i. *Reuse Part (engine besar dan engine kecil)*
- j. *Prewashing (engine besar dan engine kecil)*
- k. *Main Disassembly (engine besar dan engine kecil)*
- l. *Main Washing (engine besar dan engine kecil)*
- m. *Sub assembly 1 (engine besar dan engine kecil)*
Terdiri dari *Disassembly, Washing, Visual check, Machining* dan *Assembly* pada komponen *Cylinder head* dan *Water pump*
- n. *Sub assembly 2 (engine besar dan engine kecil)*

Terdiri dari *Disassembly*, *Washing*, *Visual check*, dan *Assembly* pada komponen *Oil cooler* dan *Oil pump*

o. *Sub assembly 3* (*engine* besar dan *engine* kecil)

Terdiri dari *Disassembly*, *Washing*, *Visual check*, dan *Assembly* pada komponen *Altenator*, *Turbo charger* dan *Starter motor*.

p. *FIP Room* (*engine* besar dan *engine* kecil)

Terdiri dari *Disassembly*, *Washing*, *Visual check*, dan *Assembly* pada komponen *Fuel Injection Pump*

q. *Reuse part* dan *Machining line* (*engine* besar dan *engine* kecil)

r. *Main Assembly* (*engine* besar dan *engine* kecil)

s. *Test Engine* (*engine* besar dan *engine* kecil)

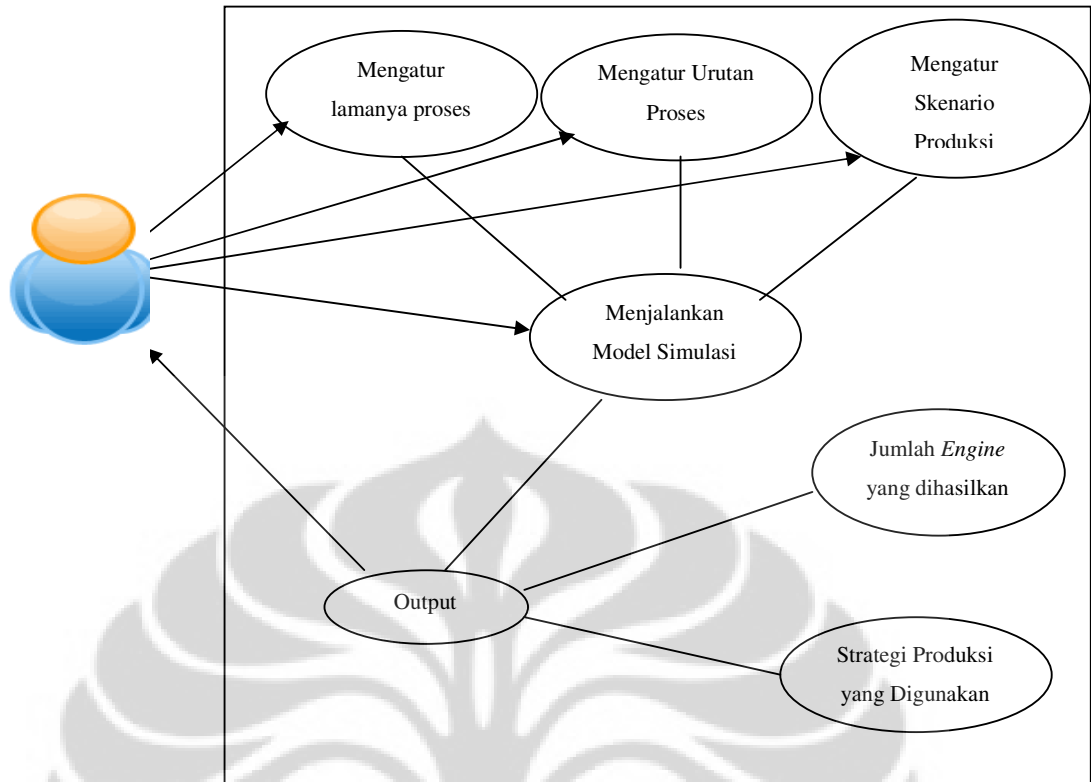
t. *Painting* (*engine* besar dan *engine* kecil)

u. Gudang

Terdiri dari gudang area penerimaan, gudang WIP, dan gudang barang jadi.

3.5.2 Diagram Use Case

Diagram *use case* menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari sebuah system. Pada diagram use case penekanan terjadi pada “apa” yang dapat diperbuat oleh sistem. Sebuah use case merepresentasikan sebuah interaksi antara actor dengan sistem. Use case merupakan sebuah pekerjaan tertentu, misalnya membuat database. Seorang actor adalah sebuah entitas manusia atau mesin yang berinteraksi dengan sistem untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan tertentu.



Gambar 3.2 Diagram *Use Case*

3.5.3 Membangun Model

Setelah kelas dan use case dibuat, maka kita dapat membangun model. Pada plant simulation, objek dasar yang diperlukan untuk membangun sebuah model simulasi adalah sebagai berikut:

- **SingleProc**
SingleProc adalah objek yang menjadi tempat terjadinya proses. Pada model simulasi remanufaktur *engine*, *SingleProc* adalah pekerjaan-pekerjaan yang memproses remanufaktur material (*engine*).
- **Connector**
Connector adalah penghubung bagi objek-objek lainnya sehingga setiap objek bisa saling berinteraksi.
- **Entity**
Entity merupakan objek yang akan diproses pada model simulasi yang dibuat. Pada model simulasi proses remanufaktur *engine* yang menjadi

entity adalah *damage core engine* yang merupakan bahan baku pada proses remanufaktur *engine*.

- **Source**
Source adalah titik pertama atau titik awal dari sebuah *entity* yang akan memasuki sistem model. Dengan kata lain, *source* adalah sumber dan pengatur masuknya *entity* kedalam model simulasi.
- **Drain**
Drain adalah titik akhir dari *entity* untuk keluar dari sistem model ketika sudah mengalami proses di dalam sistem.
- **Material Flow**
Material Flow berfungsi sebagai pengatur aliran material setelah mengalami proses.
- **WorkerPool**
Worker Pool merupakan objek yang mengatur jumlah pekerja, tingkat keterampilan pekerja, *efficiency* dan waktu kerja setiap pekerja.
- **Broker**
 Broker berfungsi memberikan penugasan kepada pekerja untuk melakukan pekerjaan pada suatu tempat kerja (*workplace*).
- **Workplace**
Workplace adalah tempat fisik pekerja berada. *Workplace* merupakan tempat dimana pekerja melakukan pekerjaannya.
- **AssemblyStation**
AssemblyStation berfungsi sebagai objek yang menjadi tempat penggabungan beberapa *entity* menjadi satu bagian *entity* baru atau yang sudah ada. Disini terjadi proses *join* atau *combine* untuk menyatukan *entity* yang satu dengan *entity* yang lainnya.
- **DismantleStation**
DismantleStation berfungsi sebagai objek yang memecah *entity* menjadi banyak *entity*. Sebagai contoh pada proses remanufaktur pembongkaran pada bagian-bagian *engine* menjadi komponen *Cylinder head*, *Water pump* dan yang lainnya terjadi pada objek ini.

- FlowControl
FlowControl berfungsi sebagai objek yang mengatur strategi dalam model untuk membagi dan mendistribusikan entity ke beberapa proses yang berbeda.
- Method
Method berfungsi sebagai objek yang digunakan untuk memasukan kode syntax yang dibutuhkan dalam membuat sistem simulasi
- Event Controller
Event Controller adalah objek yang digunakan untuk mengendalikan lamanya proses simulasi yang akan dijalankan sesuai dengan yang dikehendaki. Pada event controller, simulasi dapat diatur waktu mulai dan berhentinya.

Seluruh objek tersebut dimasukan kedalam *frame* pada *software plant simulation*. Setelah seluruh objek dimasukan kedalam *frame*, maka tahap selanjutnya adalah menggunakan *connector* menghubungkan antara objek yang satu dengan objek lainnya. Berikut adalah tampilan model dalam bentuk gambar dua dimensi.

Asumsi *time study* yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya kemudian diolah dengan menggunakan *data fit plant simulation* untuk mengetahui distribusi waktu prosesnya. Pengolahan distribusi waktu proses tersebut nantinya digunakan sebagai input waktu proses pada simulasi. Waktu masing-masing proses dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 3.41 Waktu Proses Simulasi *Engine Besar*

Engine Besar				
No	Nama Proses	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Prewashing</i>	Uniform	Start: 480	Stop: 600
2	<i>Main Disassembly</i>	Uniform	Start: 29211	Stop:57474
3	<i>Main Washing</i>	Uniform	Start:23413	Stop:28709
No	Nama Proses <i>Cylinder head</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:28889	Stop:39577
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:28835	Stop:39564
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1800	Stop:3568
4	<i>Machining</i>	Uniform	Start:21634	Stop:28731
5	<i>Assembly</i>	Uniform	Start: 21626	Stop:28781

Tabel 3.41 Waktu Proses Simulasi *Engine Besar* (sambungan)

No	Nama Proses <i>Water pump</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:7234	Stop:10647
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:3602	Stop:7185
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1806	Stop:3596
4	<i>Assembly</i>	Normal	Mu:24967	Sigma:2038
No	Nama Proses <i>Oil pump</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Normal	Mu:5519	Sigma:1034
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:1839	Stop:3591
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1807	Stop:3595
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:3605	Stop:7195
No	Nama Proses <i>Oil cooler</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:3606	Stop:7193
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:1802	Stop:3598
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1802	Stop:3586
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:3614	Stop:7179
No	Nama Proses <i>Altenator</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:7211	Stop:10733
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:3612	Stop:7178
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1816	Stop:3583
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:7237	Stop:10773
No	Nama Proses <i>Starter motor</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:7218	Stop:10796
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:3632	Stop:7198
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1806	Stop:3570
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:7232	Stop:10773
No	Nama Proses <i>Turbo charger</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:7211	Stop:10767
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:9018	Stop:12599
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1801	Stop:3600
No	Nama Proses <i>Turbo charger</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:18003	Stop:19771
No	Nama Proses <i>FIP Room</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:7321	Stop:10797
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:25217	Stop:28790
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1800	Stop:3592
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:18007	Stop:19789
No	Nama Proses	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Machining</i>	Uniform	Start:21600	Stop:28800
2	<i>Main Assembly</i>	Uniform	Start:172805	Stop:236264
3	<i>Test Engine</i>	Uniform	Start:86415	Stop:118734
4	<i>Painting</i>	Uniform	Start:28836	Stop:39586

Tabel 3.42 Waktu Proses Simulasi *Engine* Kecil

Engine Kecil				
No	Nama Proses	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Prewashing</i>	Uniform	Start:360	Stop:480
2	<i>Main Disassembly</i>	Uniform	Start:21618	Stop:28773
3	<i>Main Washing</i>	Uniform	Start:21618	Stop:28773
No	Nama Proses <i>Cylinder head</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:14498	Stop:21481
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:21722	Stop:28793
3	<i>Visual check</i>	Normal	Mu:2635.	Sigma:496.
4	<i>Machining</i>	Uniform	Start:3611	Stop:7188
5	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:7227	Stop:14371
No	Nama Proses <i>Water pump</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:3614	Stop:7188
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:3621	Stop:7165
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1803	Stop:3577
4	<i>Assembly</i>	Normal	Mu:5355	Sigma:975
Engine Kecil				
No	Nama Proses <i>Oil pump</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:3641	Stop:7192
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:3611	Stop:7159
3	<i>Visual check</i>	Normal	Mu:2730	Sigma:535
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:3623	Stop:7184
No	Nama Proses <i>Oil cooler</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:3607	Stop:7198
2	<i>Washing</i>	Normal	Mu:5440	Sigma:1004
3	<i>Visual check</i>	Normal	Mu:2739	Sigma:495
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:3650	Stop:7200
No	Nama Proses <i>Altenator</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:3608	Stop:7149
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:3618	Stop:7164
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1840	Stop:3596
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:3678	Stop:7195
No	Nama Proses <i>Starter motor</i>	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:3623	Stop:7140
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:1806	Stop:3572
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1806	Stop:3600
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:3608	Stop:7174

Tabel 3.42 Waktu Proses Simulasi *Engine* Kecil (sambungan)

No	Nama Proses FIP Room	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Disassembly</i>	Uniform	Start:1807	Stop:3566
2	<i>Washing</i>	Uniform	Start:21640	Stop:25163
3	<i>Visual check</i>	Uniform	Start:1803	Stop:3582
4	<i>Assembly</i>	Uniform	Start:14401	Stop:16199
No	Nama Proses	Distribusi	Parameter 1	Parameter 2
1	<i>Machining</i>	Uniform	Start:21600	Stop:28800
2	<i>Main Assembly</i>	Uniform	Start:144285	Stop:197295
3	<i>Test Engine</i>	Uniform	Start:86408	Stop:118724
4	<i>Painting</i>	Uniform	Start:28832	Stop:39426

Pada sistem remanufaktur terdapat beberapa perbedaan dengan sistem manufaktur biasa. Perbedaan tersebut terletak pada bahan baku yang digunakan untuk diproses menjadi sebuah produk jadi. Pada manufaktur konvensional, bahan baku yang digunakan berupa bahan mentah (*raw material*) seperti contohnya besi, nikel, aluminium dan bahan mineral atau hayati lainnya. Sistem remanufaktur tidak menggunakan bahan-bahan mentah sebagai bahan baku untuk memproses sebuah produk. Bahan baku yang digunakan oleh sistem remanufaktur adalah barang habis pakai yang telah digunakan oleh konsumen dalam kasus ini adalah *engine*.

Untuk memodelkan sistem remanufaktur secara lebih nyata maka input kedatangan *engine* yang telah digunakan oleh konsumen berdasarkan data historis produk yang kembali selama tahun 2011. Selain memodelkan sistem remanufaktur secara lebih nyata, penggunaan data historis juga bertujuan menentukan strategi apa yang tepat untuk digunakan pada sistem remanufaktur dengan kondisi ketidakpastian bahan baku.

Jumlah input *damage core* (*engine* yang rusak) berdasarkan kedatangan *engine* tersebut setiap bulannya pada tahun 2011. Berikut adalah tabel kedatangan *Damage core* dari konsumen

Tabel 3.43 Data Kedatangan *Damage core*

Waktu Kedatangan	Komponen	Jumlah
01:00.0	.MUs.EngineSML	7
01:00.0	.MUs.EngineBIG	3
32:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	4
32:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	1
60:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	6
60:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	10
91:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	4
91:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	0
121:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	10
121:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	6
152:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	5
152:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	9
182:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	2
182:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	1
213:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	3
213:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	2
244:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	3
244:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	3
274:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	6
274:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	5
305:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	6
305:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	3
335:00:00:00.0000	.MUs.EngineSML	10
335:00:00:00.0000	.MUs.EngineBIG	5

	time 1	object 2	integer 3
string	Delivery Time	MU	Number
1	1:00.0000	.MUs.Engine	7
2	1:00.0000	.MUs.Engine	3
3	32:00:00:00.0000	.MUs.Engine	4
4	32:00:00:00.0000	.MUs.Engine	1
5	60:00:00:00.0000	.MUs.Engine	6
6	60:00:00:00.0000	.MUs.Engine	10
7	91:00:00:00.0000	.MUs.Engine	4
8	91:00:00:00.0000	.MUs.Engine	0
9	121:00:00:00.0000	.MUs.Engine	10
10	121:00:00:00.0000	.MUs.Engine	6
11	152:00:00:00.0000	.MUs.Engine	5
12	152:00:00:00.0000	.MUs.Engine	9
13	182:00:00:00.0000	.MUs.Engine	2
14	182:00:00:00.0000	.MUs.Engine	1
15	213:00:00:00.0000	.MUs.Engine	3

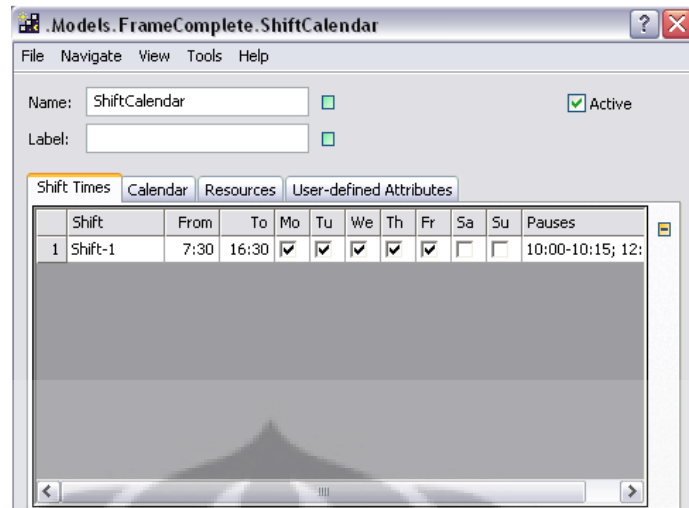
Gambar 3.3 Tampilan Kedatangan *Damage core* Pada Software

Selain menginput data *damage core* yang kembali kedalam model, penjadwalan produksi juga dimasukan kedalam model. Dalam *software plant simulation*, penjadwalan produksi dimasukan kedalam objek ShiftCalender. Produksi yang terjadi pada model berlangsung dari bulan Januari 2011 hingga Januari 2012.

Waktu produksi pada kondisi nyata yang terjadi di PT. Universal Tekno Reksajaya berjalan selama 8 jam dalam satu hari. Kondisi lainnya pada perusahaan tersebut adalah waktu kerja hanya terjadi pada hari Senin hingga Jumat. Adapun rincian waktu produksi dapat dilihat pada data berikut:

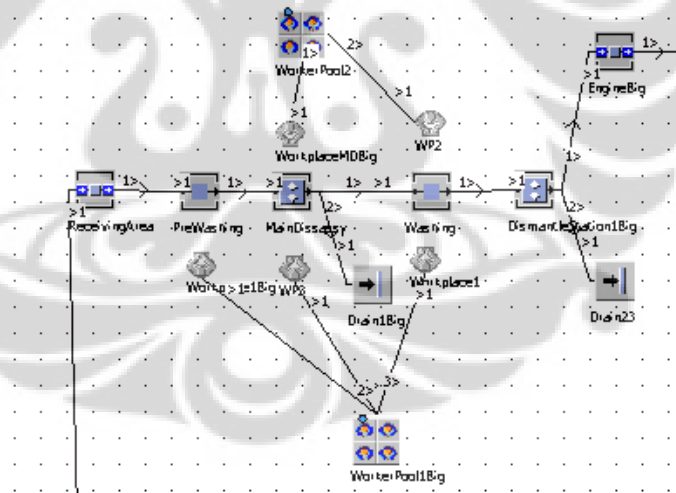
- Jam kerja dimulai pada pukul 07.30 -16.30 WIB
- Waktu coffe break pertama pada pukul 10.00-10.15 WIB
- Waktu istirahat makan siang pada pukul 12.00-13.00 WIB
- Waktu coffe break kedua pada pukul 15.00-15.15

Data waktu produksi tersebut diinput kedalam model simulasi dengan tujuan model simulasi dapat berkerja dengan kondisi semirip mungkin dengan kondisi nyata. Data tersebut dimasukan kedalam ShiftCalender. Tampilan ShiftCalender dapat dilihat pada gambar 3.4

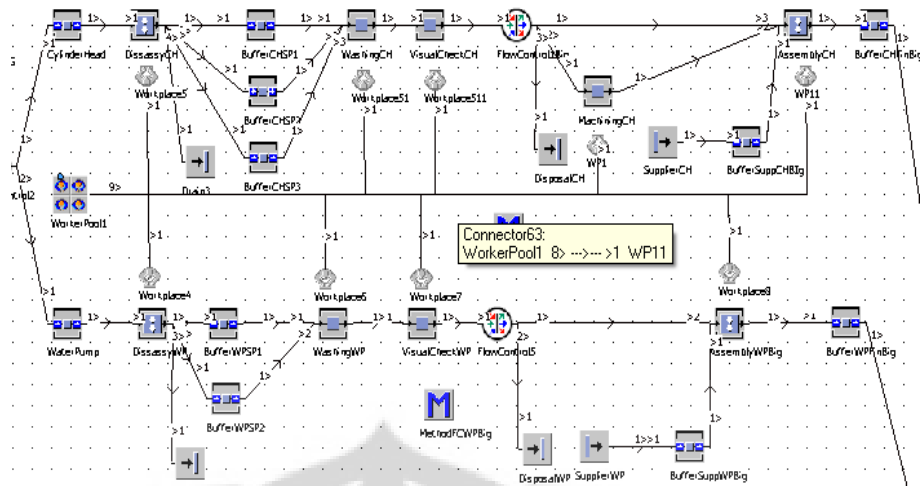


Gambar 3.4 Tampilan Shift Calendar Plant Simulation

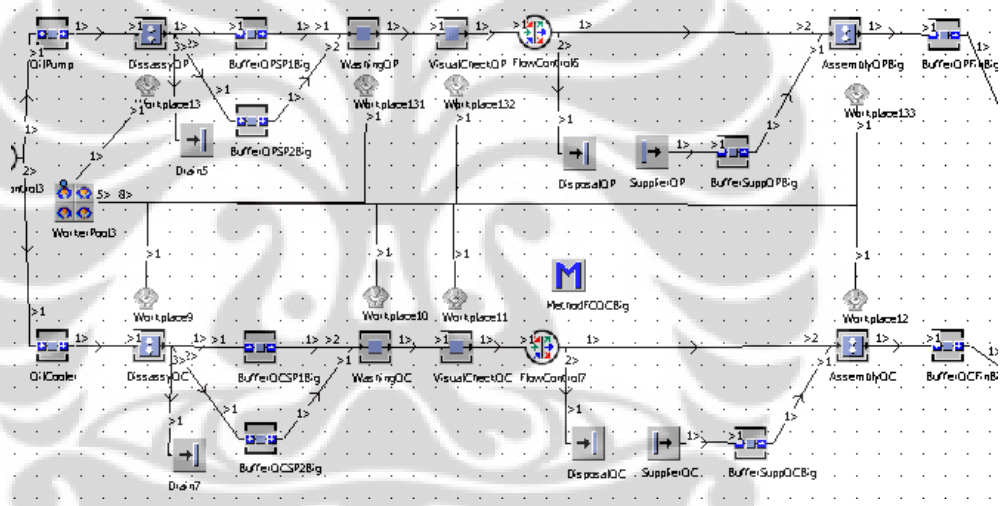
Setelah seluruh komponen model selesai diinput maka model siap untuk memasuki tahap verifikasi dan validasi. Berikut ini adalah tampilan model yang telah selesai.



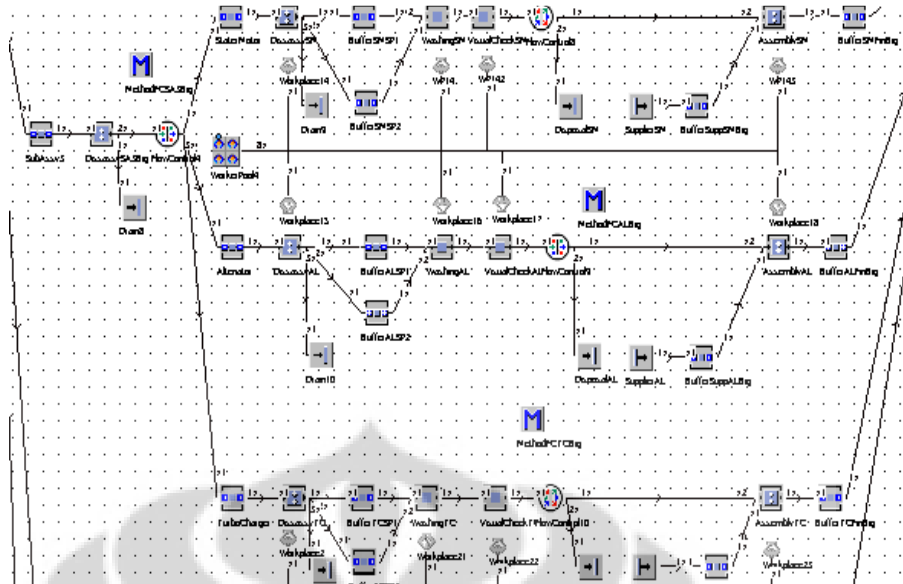
Gambar 3.5 Tampilan Model Simulasi (*Prewashing, Main Disassembly dan Main Washing*)



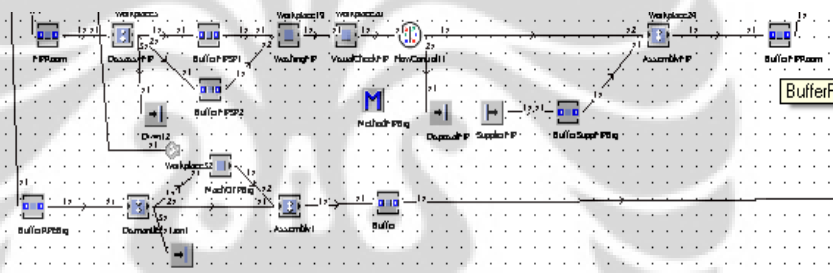
Gambar 3.6 Tampilan Model Simulasi (*Sub assembly 1*)



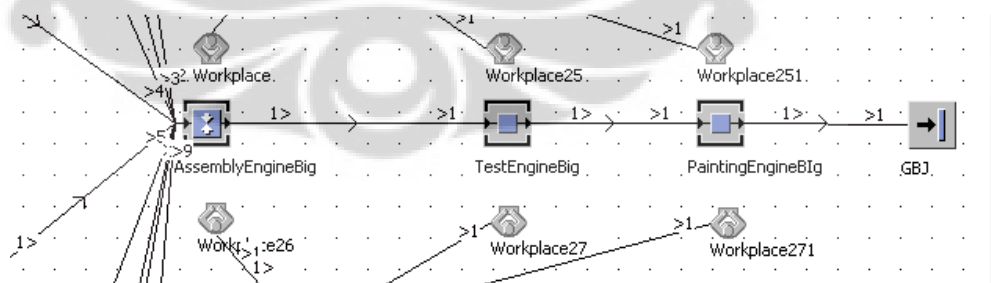
Gambar 3.7 Tampilan Model Simulasi (*Sub assembly 2*)



Gambar 3.8 Tampilan Model Simulasi (*Sub assembly 3*)



Gambar 3.9 Tampilan Model Simulasi (*FIP Room & RPE Line*)



Gambar 3.10 Tampilan Model Simulasi (*Main Assembly, Test Engine, & Painting*)

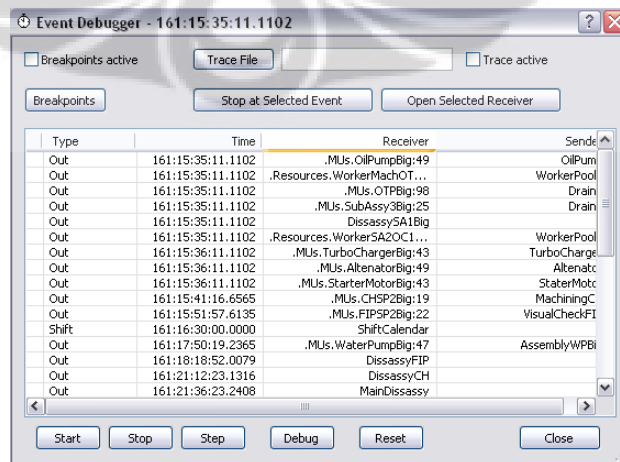
3.6 Verikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan validasi merupakan suatu tahap yang sangat penting dalam pembuatan model simulasi. Pada tahap ini kita dapat melihat apakah model simulasi yang dibuat telah berjalan dengan kondisi yang diinginkan serta sama dengan kondisi nyata. Pengecekan pada tahap verifikasi dan validasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan tools yang terdapat pada software seperti event debugger serta perbandingan output pada kondisi aktual dengan output simualsi.

3.6.1 Verifikasi Model

Verifikasi model merupakan metode untuk memastikan model simulasi telah dibuat dengan benar dan sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Salah satu cara melakukan verifikasi adalah dengan memeriksa kode pada seluruh objek dan proses dalam model agar sesuai dengan yang diinginkan. Apabila saat simulasi tidak muncul syntax yang salah maka simulasi dapat dikatakan terverifikasi.

Pada perangkat lunak Plant Simulation, jika terjadi kesalahan kode yang mengakibatkan tidak dapat berjalannya simulasi, maka secara otomatis akan muncul pemberitahuan pada kode tersebut. Sedangkan untuk debug yang tidak terdeteksi secara langsung oleh perangkat lunak, bisa dilihat pada event debugger yang terdapat di event controller. Untuk mengakses Event Debugger, tahap pertama yang harus dilakukan adalah membuka objek event controller. Setelah itu buka pilihan list yang pada tampilan tersebut akan memperlihatkan semua logic yang sedang dijalankan.



Gambar 3.11 Tampilan Event Dubugger Plant Simulation

3.6.2 Validasi Model

Validasi model merupakan metode untuk memastikan formulasi model simulasi yang dibuat dengan bantuan perangkat lunak plant simulation ini telah sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Dalam hal ini, dilakukan validasi dengan membandingkan hasil output proses yang dihasilkan oleh simulasi dengan hasil output yang terjadi di kondisi nyata. Validasi dilakukan dengan menjalankan simulasi selama satu tahun yaitu dari bulan Januari 2011 hingga bulan Januari 2012. Dari validasi yang dilakukan dapat dilihat bahwa hasil output proses yang dihasilkan pada simulasi mendekati dengan hasil output proses yang terjadi di lapangan.

Tabel 3.44 Validasi Hasil Simulasi Dengan Kondisi Nyata Selama Satu Tahun

Hasil Simulasi	Hasil di Kondisi Nyata
69 Engine	71 Engine

3.7 Pembuatan Skenario Model

Salah satu permasalahan yang terdapat dalam sistem remanufaktur PT. Universal Tekno Reksajaya adalah tingginya barang setengah jadi yang terdapat dalam sistem remanufaktornya. Keadaan tersebut menyebabkan rendahnya output yang dapat dihasilkan oleh PT. Universal Tekno Reksajaya sehingga perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan konsumen. Pembuatan skenario nantinya akan melibatkan strategi produksi yang akan digunakan untuk menghasilkan peningkatan output bagi sistem remanufaktur PT. Universal Tekno Reksajaya dalam proses simulasi model. Skenario tersebut antara lain adalah peningkatan keahlian pekerja, pembuatan waktu overtime, dan penambahan mesin dan tools.

Selain proses yang cukup lama, permasalahan lainnya yang terdapat pada sistem remanufaktur PT. Universal Tekno Reksajaya adalah ketidakpastian waktu produk yang kembali serta keterlambatan *Supplier*. Dua faktor tersebut juga sangat mempengaruhi output produksi remanufaktur yang dihasilkan karena *damage core* yang kembali dari konsumen dan *part* yang berasal dari *Supplier* merupakan salah satu penggerak produksi remanufaktur. Keterlambatan *damage*

core dan *part Supplier* akan menjadi kondisi skenario yang akan dimasukkan kedalam sistem. Melalui dua kondisi tersebut dapat dilihat strategi manakah yang dapat menghasilkan output produksi terbesar sehingga model yang dibuat dapat beradaptasi terhadap ketidakpastian eksternal perusahaan.

Tabel 3.45 Skenario Strategi Produksi dan Skenario Kondisi

No	Skenario Produksi	Kondisi Skenario			
		Normal	Keterlambatan Bahan Baku	Keterlambatan <i>Supplier</i>	Keterlambatan Bahan Baku dan Keterlambatan Pengiriman <i>Supplier</i>
1	Peningkatan Efisiensi Pekerja	Output Produksi	Output Produksi	Output Produksi	Output Produksi
2	Pembuatan Waktu Overtime	Output Produksi	Output Produksi	Output Produksi	Output Produksi
3	Penambahan Workstation	Output Produksi	Output Produksi	Output Produksi	Output Produksi

BAB 4

ANALISA HASIL

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pembahasan dari simulasi yang dilakukan mengenai kondisi aktual dan juga membahas tentang hasil skenario yang didapat dengan kondisi yang terjadi

4.1 Analisis Model Awal

Setelah model simulasi terbentuk, maka tahap selanjutnya adalah menjalankan model simulasi tersebut. Simulasi dijalankan selama satu tahun dengan kondisi bahan baku (*damage core*) yang masuk berasal dari data historis tahun 2011. Untuk menganalisa model tersebut, maka salah satu bagian terpenting yang harus dilihat adalah output produksi yang dihasilkan. Setelah model simulasi dijalankan selama satu tahun maka dapat dilihat bahwa output produksi yang dihasilkan adalah 69 unit *engine* dengan rincian 30 unit *engine* besar dan 39 unit *engine* kecil. Sementara hasil lapangan selama tahun 2011 adalah 71 *engine* dengan rincian 35 *engine* kecil dan 36 *engine* besar. Terdapat perbedaan sebesar lima *engine* kecil dan tiga *engine* besar antara model simulasi dengan kondisi di lapangan.

Perbedaan tersebut terjadi karena adanya faktor luar yang tidak terdapat pada model simulasi. Faktor luar tersebut contohnya adalah kebijakan perusahaan untuk melakukan penyelesaian pekerjaan secara lebih awal dengan menggunakan overtime pada bulan-bulan tertentu di tahun 2011. Selain itu faktor luar yang mempengaruhi adalah semangat dari pekerja untuk menyelesaikan pekerjaan.

Untuk beban kerja setiap pekerjaan dalam model dapat dilihat dengan cara menggunakan fitur bottleneck analyzer atau dengan cara membuka fitur statistic pada setiap objek kerja. Berikut adalah penjelasan analisa perilaku sistem pada model awal.

4.1.1 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Prewashing*, *Main Disassembly*, dan *Main Assembly*

Tabel 4.1 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Prewashing*, *Main Disassembly*, dan *Main Washing Engine Besar dan Engine Kecil*

<i>Engine Besar dan Engine Kecil</i>			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Prewasing Engine Besar</i>	8.26%	91.65%	0.08%
<i>Main Disassembly Engine Besar</i>	4.31%	92.10%	3.59%
<i>Main Washing Engine Besar</i>	0%	96.03%	3.97%
<i>Prewasing Engine Kecil</i>	15.23%	84.68%	0.09%
<i>Main Disassembly Engine Kecil</i>	14.28%	82.95%	2.77%
<i>Main Washing Engine Kecil</i>	1.17%	93.95%	4.88%

Pada tabel 4.1 dapat dilihat pada proses *prewashing* baik *engine* besar dan *engine* kecil, waktu terbesar terdapat pada waktu *waiting*. Hal tersebut terjadi karena input bahan baku (*damage core*) pada proses remanufaktur sangat tidak menentu jumlahnya. Sehingga pekerjaan *prewashing* harus menunggu hingga *damage core* tiba untuk dikerjakan.

Pekerjaan *main disassembly* pada *engine* kecil dan *engine* besar juga memiliki tingkat waktu *waiting* yang terbesar diantara waktu *blocked* dan *working*. Tingginya waktu *waiting* pada *main disassembly* juga diakibatkan oleh ketidakpastian bahan baku yang datang pada sistem remanufaktur. Namun tingkat *working* yang dimiliki oleh *main disassembly* lebih tinggi dibandingkan *prewashing*. Tingkat *working* yang lebih tinggi disebabkan proses *prewashing* jauh lebih cepat dibandingkan *main disassembly* sehingga komponen dapat dengan cepat tiba pada *main disassembly* untuk dikerjakan.

Sementara pada pekerjaan *main washing* pada *engine* kecil dan *engine* besar memiliki tingkat waktu *waiting* terbesar diantara waktu *working* dan *waiting*. Waktu *waiting* yang tinggi disebabkan proses *main disassembly* yang lebih lama dibandingkan *main washing*. Hal tersebut menyebabkan *main washing* harus menunggu pekerjaan *main disassembly* selesai terlebih dahulu untuk dikerjakan pada tahap *main washing*.

4.1.2 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Cylinder head*

Tabel 4.2 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Cylinder Head Engine Besar* dan *Engine Kecil*

<i>Cylinder head Engine Besar dan Engine Kecil</i>			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Cylinder head (Big)</i>	0.00%	98.21%	1.79%
<i>Washing Cylinder head (Big)</i>	0.00%	84.54%	15.46%
<i>Visual check Cylinder head (Big)</i>	0.00%	98.79%	1.21%
<i>Machining Cylinder head (Big)</i>	0.00%	96.34%	3.66%
<i>Assembly Cylinder head (Big)</i>	0.00%	96.34%	3.66%
<i>Disassembly Cylinder head (Small)</i>	0.00%	98.47%	1.53%
<i>Washing Cylinder head (Small)</i>	0.00%	88.99%	11.01%
<i>Visual check Cylinder head (Small)</i>	0.00%	98.83%	1.17%
<i>Machining Cylinder head (Small)</i>	0.00%	99.23%	0.77%
<i>Assembly Cylinder head (Small)</i>	0.00%	98.42%	1.58%

Pada tabel 4.2 dapat dilihat proses *disassembly cylinder head* pada *engine kecil* dan *engine besar* memiliki tingkat waktu tertinggi pada waktu *waiting*. Proses *disassembly* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing*. Hal tersebut menyebabkan terjadinya waktu tunggu yang cukup lama karena dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama juga.

Sementara pada proses *washing*, waktu *waiting* yang terjadi lebih besar dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Tingginya waktu *waiting* disebabkan proses pada *disassembly* berlangsung lebih lama dibandingkan proses *washing* sehingga proses *washing* harus menunggu pekerjaan *disassembly* selesai terlebih dahulu. Namun pada waktu *working* memiliki tingkat yang lebih tinggi dibandingkan proses *disassembly* karena pada proses *washing part-part* yang telah dibongkar oleh *disassembly cylinder head* dibagi menjadi tiga bagian *part* untuk dibersihkan pada proses *washing* sehingga tingkat *working* pada proses *washing* lebih tinggi.

Pada proses *visual check*, waktu *waiting* yang terjadi lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena waktu tunggu material yang lama dari proses *washing*.

Proses *machining* memiliki tingkat *waiting* tertinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena waktu tunggu material yang berasal dari proses sebelumnya seperti *washing* dan *disassembly* berlangsung cukup lama.

Proses yang terakhir pada komponen *cylinder head* yaitu *assembly* memiliki tingkat waktu *waiting* terbesar dibandingkan dengan waktu *working* dan *blocked* saat simulasi dijalankan. Hal tersebut terjadi karena pada proses tersebut harus menunggu material dari beberapa proses seperti *visual check*, *machining*, dan *part* yang berasal dari *Supplier*.

4.1.3 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Water pump*

Tabel 4.3 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Water pump Engine* Besar dan *Engine* Kecil

<i>Water pump Engine</i> Besar dan <i>Engine</i> Kecil			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Water pump</i> (Big)	0.00%	99.20%	0.80%
<i>Washing Water pump</i> (Big)	0.32%	98.00%	1.67%
<i>Visual check Water pump</i> (Big)	0.00%	93.60%	6.40%
<i>Assembly Water pump</i> (Big)	0.00%	96.21%	3.79%
<i>Disassembly Water pump</i> (Small)	0.00%	99.43%	0.57%
<i>Washing Water pump</i> (Small)	0.00%	98.42%	1.58%
<i>Visual check Water pump</i> (Small)	0.00%	99.21%	0.79%
<i>Assembly Water pump</i> (Small)	0.00%	99.21%	0.79%

Pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa setelah simulasi dijalankan, proses *disassembly* memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *disassembly* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing* dimana dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama.

Proses *washing* pada *water pump* juga memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *washing* harus menunggu proses *disassembly water pump* selesai terlebih dahulu dimana proses *disassembly* memiliki waktu *waiting* yang cukup tinggi.

Proses selanjutnya yaitu adalah proses *visual check*. Pada proses tersebut waktu *waiting* yang terjadi lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena pada proses *visual check*, material yang akan diproses berasal dari proses *washing* yang dimana proses tersebut memiliki waktu pengerjaan yang cukup lama.

Proses yang terakhir pada *water pump* adalah proses *assembly*. Pada proses ini baik pada *engine* besar dan *engine* kecil memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi jika dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena pada proses ini harus menunggu komponen yang berasal dari *visual check* dan *part Supplier* dimana pada proses sebelumnya terjadi waktu tunggu yang cukup lama.

4.1.4 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Oil pump*

Tabel 4.4 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Oil pump Engine Besar dan Engine Kecil*

<i>Oil pump Engine Besar dan Engine Kecil</i>			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Oil pump (Big)</i>	0.00%	99.41%	0.59%
<i>Washing Oil pump (Big)</i>	0.05%	99.13%	0.82%
<i>Visual check Oil pump (Big)</i>	0.00%	99.19%	0.81%
<i>Assembly Oil pump (Big)</i>	0.00%	99.19%	0.81%
<i>Disassembly Oil pump (Small)</i>	0.00%	99.45%	0.55%
<i>Washing Oil pump (Small)</i>	0.00%	98.40%	1.60%
<i>Visual check Oil pump (Small)</i>	0.00%	99.21%	0.79%
<i>Assembly Oil pump (Small)</i>	0.00%	99.27%	0.73%

Pada tabel.4.4 dapat dilihat bahwa setelah simulasi dijalankan, proses *disassembly* pada komponen *oil pump* memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *disassembly* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing* dimana dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama.

Proses selanjutnya yaitu proses *washing* pada *oil pump* juga memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *washing* harus menunggu proses *disassembly oil pump* selesai terlebih dahulu dimana proses *disassembly* memiliki waktu *waiting* yang cukup tinggi.

Pada proses *visual check*, waktu *waiting* yang terjadi pada *Oil pump* lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena waktu tunggu material yang lama dari proses *washing*.

Proses yang terakhir pada komponen *oil pump* yaitu *assembly* memiliki tingkat waktu *waiting* terbesar dibandingkan dengan waktu *working* dan *blocked* saat simulasi dijalankan. Hal tersebut terjadi karena pada proses tersebut harus menunggu material dari beberapa proses seperti *visual check* dan *part* yang berasal dari *Supplier* dimana pada dua proses tersebut juga terjadi waktu tunggu yang tinggi.

4.1.5 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Oil cooler*

Pada tabel 4.5 dapat dilihat bahwa setelah simulasi dijalankan, proses *disassembly* pada komponen *oil cooler* memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *disassembly* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing* dimana dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama.

Tabel 4.5 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Oil cooler Engine* Besar dan *Engine* Kecil

<i>Oil cooler Engine</i> Besar dan <i>Engine</i> Kecil			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Oil cooler</i> (Big)	0.00%	99.43%	0.57%
<i>Washing Oil cooler</i> (Big)	0.00%	99.14%	0.80%
<i>Visual check Oil cooler</i> (Big)	0.00%	99.16%	0.84%
<i>Assembly Oil cooler</i> (Big)	0.00%	99.17%	0.83%

Tabel 4.5 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Oil cooler Engine* Besar dan *Engine* Kecil (sambungan)

<i>Oil cooler Engine</i> Besar dan <i>Engine</i> Kecil			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Oil cooler</i> (Small)	0.00%	99.41%	0.59%
<i>Washing Oil cooler</i> (Small)	79.93%	18.46%	1.61%
<i>Visual check Oil cooler</i> (Small)	81.84%	17.39%	0.78%
<i>Assembly Oil cooler</i> (Small)	0.00%	99.23%	0.77%

Proses *washing* pada *oil cooler* terdapat perbedaan antara *oil cooler engine* besar dengan *engine* kecil. Pada *oil cooler engine* besar memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *washing* harus menunggu proses *disassembly oil cooler* selesai terlebih dahulu dimana proses *disassembly* memiliki waktu *waiting* yang cukup tinggi. Sementara pada *oil cooler engine* kecil tingkat waktu tertinggi terjadi pada waktu *blocked*. Tingginya waktu *blocked* disebabkan jumlah komponen yang berasal dari *disassembly* cukup banyak sehingga proses *washing* tidak mampu memproses seluruh komponen saat bersamaan.

Proses selanjutnya yaitu adalah proses *visual check*. Pada proses tersebut juga terdapat perbedaan antara *visual check engine* besar dengan *visual check engine* kecil. Pada *engine* besar terjadi waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked* pada *visual check*. Hal tersebut terjadi karena pada proses *visual check*, material yang akan diproses berasal dari proses *washing* yang dimana proses tersebut memiliki waktu pengerjaan yang cukup lama. Sementara pada *visual check engine* kecil waktu *blocked* memiliki tingkat waktu yang lebih tinggi jika dibandingkan waktu *working* dan *waiting*. Hal tersebut terjadi karena pada proses sebelumnya yaitu *washing* memiliki tingkat *blocked* yang cukup tinggi juga yaitu 79.93 %.

Proses yang terakhir pada komponen *oil cooler* yaitu *assembly* memiliki tingkat waktu *waiting* terbesar dibandingkan dengan waktu *working* dan *blocked* saat simulasi dijalankan. Hal tersebut terjadi karena pada proses tersebut harus menunggu material dari beberapa proses seperti *visual check* dan *part* yang

berasal dari *Supplier* dimana pada dua proses tersebut juga terjadi waktu tunggu yang tinggi.

4.1.6 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Starter motor*

Tabel 4.6 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Starter motor Engine Besar dan Engine Kecil*

<i>Starter motor Engine Besar dan Engine Kecil</i>			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Starter motor (Big)</i>	54.83%	44.36%	0.80%
<i>Washing Starter motor (Big)</i>	66.86%	31.80%	1.33%
<i>Visual check Starter motor (Big)</i>	71.58%	27.67%	0.67%
<i>Assembly Starter motor (Big)</i>	0.00%	98.92%	1.08%
<i>Disassembly Starter motor (Small)</i>	0.00%	99.42%	0.58%
<i>Washing Starter motor (Small)</i>	0.00%	99.17%	0.77%
<i>Visual check Starter motor (Small)</i>	0.00%	99.21%	0.79%
<i>Assembly Starter motor (Small)</i>	0.00%	99.21%	0.79%

Pada tabel.4.5 dapat dilihat bahwa setelah simulasi dijalankan, terdapat perbedaan tingkat waktu antara proses *disassembly* pada komponen *starter motor* dengan komponen *starter motor* pada *engine* kecil. Stater motor pada *engine* kecil memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *disassembly* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing* dimana dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama. Sementara pada *disassembly engine* besar tingkat waktu terbesar terjadi pada waktu *blocked*. Tingginya waktu tersebut terjadi karena waktu proses yang lama pada proses *disassembly* stater motor menyebabkan input yang masuk kedalam objek *disassembly* tidak dapat diproses secara bersamaan sehingga menimbulkan *blocked*.

Proses *washing* pada *starter motor* terdapat perbedaan antara *starter motor engine* besar dengan *engine* kecil. Pada *starter motor engine* kecil memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *washing* harus menunggu proses *disassembly oil*

cooler selesai terlebih dahulu dimana proses *disassembly* memiliki waktu *waiting* yang cukup tinggi. Sementara pada stater motor *engine* besar tingkat waktu tertinggi terjadi pada waktu *blocked*. Hal tersebut terjadi karena jumlah komponen yang berasal dari *disassembly* cukup banyak sehingga proses *washing* tidak mampu memproses seluruh komponen saat bersamaan serta waktu *blocked* yang tinggi pada proses *disassembly*.

Proses selanjutnya yaitu adalah proses *visual check*. Pada proses tersebut juga terdapat perbedaan antara *visual check starter motor engine* besar dengan *visual check starter motor engine* kecil. Pada *engine* besar terjadi waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked* pada *visual check*. Hal tersebut terjadi karena pada proses *visual check*, material yang akan diproses berasal dari proses *washing* yang dimana proses tersebut memiliki waktu pengerjaan yang cukup lama. Sementara pada *visual check engine* besar waktu *blocked* memiliki tingkat waktu yang lebih tinggi jika dibandingkan waktu *working* dan *waiting*. Hal tersebut terjadi karena pada proses sebelumnya yaitu *washing* memiliki tingkat *blocked* yang cukup tinggi juga yaitu 66.86 %.

Proses yang terakhir pada komponen *oil pump* yaitu *assembly* memiliki tingkat waktu *waiting* terbesar dibandingkan dengan waktu *working* dan *blocked* saat simulasi dijalankan. Hal tersebut terjadi karena pada proses tersebut harus menunggu material dari beberapa proses seperti *visual check* dan *part* yang berasal dari *Supplier* dimana pada dua proses tersebut juga terjadi waktu tunggu yang tinggi.

4.1.7 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Altenator*

Tabel 4.7 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Altenator Engine* Besar dan *Engine* Kecil

<i>Altenator Engine</i> Besar dan <i>Engine</i> Kecil (<i>Sub assembly</i> 3)			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Altenator</i> (Big)	0.00%	99.19%	0.81%
<i>Washing Altenator</i> (Big)	0.00%	98.34%	1.66%
<i>Visual check Altenator</i> (Big)	0.00%	99.17%	0.83%
<i>Assembly Altenator</i> (Big)	0.00%	98.65%	1.35%

Tabel 4.7 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Altenator Engine* Besar dan *Engine* Kecil (sambungan)

<i>Altenator Engine</i> Besar dan <i>Engine</i> Kecil (<i>Sub assembly</i> 3)			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Altenator</i> (Small)	0.00%	99.42%	0.58%
<i>Washing Altenator</i> (Small)	0.00%	98.47%	1.53%
<i>Visual check Altenator</i> (Small)	0.00%	99.18%	0.82%
<i>Assembly Altenator</i> (Small)	0.00%	99.21%	0.79%

Pada tabel 4.7 dapat dilihat bahwa setelah simulasi dijalankan, proses *disassembly altenator* memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *disassembly* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing* dimana dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama.

Proses berikutnya yaitu proses *washing* pada *altenator* juga memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *washing* harus menunggu proses *disassembly altenator* selesai terlebih dahulu dimana proses *disassembly* memiliki waktu *waiting* yang cukup tinggi.

Proses selanjutnya yaitu adalah proses *visual check*. Pada proses tersebut waktu *waiting* yang terjadi lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena pada proses *visual check*, material yang akan diproses berasal dari proses *washing* yang dimana proses tersebut memiliki waktu pengerjaan yang cukup lama.

Proses yang terakhir pada *altenator* adalah proses *assembly*. Pada proses ini baik pada *engine* besar dan *engine* kecil memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi jika dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena pada proses ini harus menunggu komponen yang berasal dari *visual check* dan *part Supplier* dimana pada proses sebelumnya terjadi waktu tunggu yang cukup lama.

4.1.8 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Turbo charger*

Tabel 4.8 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Turbo Charger Engine Besar* dan *Engine Kecil*

<i>Turbo charger Engine Besar dan Engine Kecil</i>			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly Turbo charger (Big)</i>	0.00%	99.12%	0.88%
<i>Washing Turbo charger(Big)</i>	67.56%	29.82%	2.62%
<i>Visual check Turbo charger (Big)</i>	73.02%	26.33%	0.65%
<i>Assembly Turbo charger (Big)</i>	0.00%	97.77%	2.23%

Pada tabel 4.8 dapat dilihat bahwa setelah simulasi dijalankan, proses *disassembly turbo charger* memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *disassembly turbo charger* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing* dimana dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama.

Proses berikutnya yaitu proses *washing* pada *turbo charger* juga memiliki tingkat waktu *blocked* yang paling tinggi jika dibandingkan dengan waktu *waiting* dan *working*. Hal tersebut terjadi karena proses *washing* memiliki waktu proses yang lebih lama dibandingkan *disassembly* sehingga komponen yang berada di tahap *washing* tidak dapat diproses secara bersamaan.

Proses selanjutnya yaitu adalah proses *visual check*. Pada proses tersebut waktu *blocked* yang terjadi lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *waiting*. Hal tersebut terjadi karena pada proses *visual check*, proses pendahulunya yaitu proses *washing* memiliki tingkat *blocked* yang cukup tinggi yaitu 67.56%.

Proses yang terakhir pada *turbo charger* adalah proses *assembly*. Pada proses ini memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi jika dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena pada proses ini harus menunggu komponen yang berasal dari *visual check* dan *part Supplier* dimana pada proses sebelumnya terjadi waktu tunggu yang cukup lama.

4.1.9 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan FIP Room

Tabel 4.9 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *FIP Room Engine* Besar dan *Engine* Kecil

FIP Room <i>Engine</i> Besar dan <i>Engine</i> Kecil			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Disassembly</i> FIP Room (Big)	0.00%	99.33%	0.67%
<i>Washing</i> FIP Room (Big)	0.00%	91.79%	8.21%
<i>Visual check</i> FIP Room (Big)	0.00%	99.16%	0.84%
<i>Assembly</i> FIP Room (Big)	0.00%	97.12%	2.88%
<i>Disassembly</i> FIP Room (Small)	0.00%	99.66%	0.34%
<i>Washing</i> FIP Room (Small)	56.25%	36.72%	7.03%
<i>Visual check</i> FIP Room (Small)	68.92%	30.31%	0.77%
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Assembly</i> FIP Room (Small)	0.00%	97.75%	2.25%

Pada tabel 4.8 dapat dilihat bahwa setelah simulasi dijalankan, proses *disassembly* pada komponen Fuel Injection Pump pada *engine* kecil dan *engine* besar memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *disassembly* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing* dimana dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama.

Proses *washing* pada fuel injection pump terdapat perbedaan antara fuel injection pump *engine* besar dengan *engine* kecil. Pada fuel injection pump *engine* besar memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *washing* harus menunggu proses *disassembly oil cooler* selesai terlebih dahulu dimana proses *disassembly* memiliki waktu *waiting* yang cukup tinggi. Sementara pada fuel injection pump *engine* kecil tingkat waktu tertinggi terjadi pada waktu *blocked*. Tingginya waktu *blocked* disebabkan waktu proses yang terjadi pada proses *washing* lebih lama dibandingkan waktu proses *disassembly* sehingga mengakibatkan penumpukan pada proses *washing*.

Proses selanjutnya yaitu adalah proses *visual check*. Pada proses tersebut juga terdapat perbedaan antara *visual check engine* besar dengan *visual check engine* kecil. Pada *engine* besar terjadi waktu *waiting* yang lebih tinggi

dibandingkan waktu *working* dan *blocked* pada *visual check*. Hal tersebut terjadi karena pada proses *visual check*, material yang akan diproses berasal dari proses *washing* yang dimana proses tersebut memiliki waktu pengerjaan yang cukup lama. Sementara pada *visual check engine* kecil waktu *blocked* memiliki tingkat waktu yang lebih tinggi jika dibandingkan waktu *working* dan *waiting*. Hal tersebut terjadi karena pada proses sebelumnya yaitu *washing* memiliki tingkat *blocked* yang cukup tinggi juga yaitu 56.25 %.

Proses yang terakhir pada komponen fuel injection pump yaitu *assembly* memiliki tingkat waktu *waiting* terbesar dibandingkan dengan waktu *working* dan *blocked* saat simulasi dijalankan. Hal tersebut terjadi karena pada proses tersebut harus menunggu material dari beberapa proses seperti *visual check* dan *part* yang berasal dari *Supplier* dimana pada dua proses tersebut juga terjadi waktu tunggu yang tinggi.

4.1.10 Analisis Model Awal Pada Pekerjaan *Machining*, *Main Assembly*, *Test Engine* dan *Painting*

Tabel 4.10 Tabel Hasil Eksperimen Pada Pekerjaan *Machining*, *Main Assembly*, *Test Engine*, *Painting Engine*

<i>Engine Besar dan Engine Kecil</i>			
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Machining</i> (Big)	0.00%	96.15%	3.85%
<i>Main Assembly</i> (Big)	0.00%	79.73%	20.27%
<i>Test Engine</i> (Big)	0.00%	89.95%	10.05%
<i>Painting</i> (Big)	0.00%	96.63%	3.37%
<i>Machining</i> (Small)	85.24%	11.26%	3.51%
<i>Main Assembly</i> (Small)	0.00%	78.15%	21.85%
<i>Test Engine</i> (Small)	0.00%	86.92%	13.08%
Nama Pekerjaan	<i>Blocked</i>	<i>Waiting</i>	<i>Working</i>
<i>Painting</i> (Small)	0.00%	95.64%	4.36%

Pada tabel 4.10 dapat dilihat bahwa setelah simulasi dijalankan, proses *machining* mengalami perbedaan antara *machining engine* besar dengan *machining engine* kecil. Pada proses *machining engine* besar memiliki tingkat waktu *waiting* yang lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut

terjadi karena proses *machining* membutuhkan komponen yang berasal dari proses *main disassembly* dan *main washing* dimana dua proses tersebut juga memiliki waktu tunggu yang lama. Sementara pada proses *machining engine* kecil memiliki tingkat waktu *blocked* yang paling besar jika dibandingkan waktu *waiting* dan *working*. Hal tersebut terjadi karena jumlah *engine* kecil yang kembali dari konsumen lebih banyak dibandingkan *engine* besar sehingga pada proses *machining* terjadi penumpukan pada prosesnya.

Proses berikutnya yaitu proses *main assembly* memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena proses *washing* harus menunggu proses *disassembly alternator* selesai terlebih dahulu dimana proses *disassembly* memiliki waktu *waiting* yang cukup tinggi. Waktu *working* yang dimiliki *main assembly* baik *engine* besar maupun *engine* kecil memiliki nilai yang paling tinggi jika dibandingkan proses *working* yang lain. Nilai waktu *working* yang tinggi menandakan bahwa beban kerja yang dimiliki oleh *main assembly* lebih besar dibandingkan beban kerja proses yang lain.

Proses selanjutnya yaitu adalah proses *Test engine*. Pada proses tersebut waktu *waiting* yang terjadi lebih tinggi dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena pada proses sebelumnya yaitu *main assembly* memiliki waktu proses yang cukup lama sehingga proses *Test engine* harus menunggu proses tersebut selesai terlebih dahulu.

Proses yang terakhir dari remanufaktur pada *engine* kecil dan *engine* besar adalah proses *Painting*. Pada proses ini baik pada *engine* besar dan *engine* kecil memiliki tingkat waktu *waiting* yang tinggi jika dibandingkan waktu *working* dan *blocked*. Hal tersebut terjadi karena pada proses ini harus menunggu *engine* yang harus diproses oleh *main assembly* dan *Test engine*. Sementara dua proses tersebut memiliki waktu proses yang cukup lama sehingga menyebabkan proses *Painting* harus menunggu *engine* tersebut selesai diproses.

Pada analisa model awal dapat dilihat bahwa proses *main assembly engine* kecil dan *engine* besar memiliki beban kerja yang paling tinggi jika dibandingkan pekerjaan lainnya. Faktor penyebab *main assembly* memiliki beban kerja yang paling tinggi adalah waktu proses yang dimiliki oleh *main assembly* merupakan

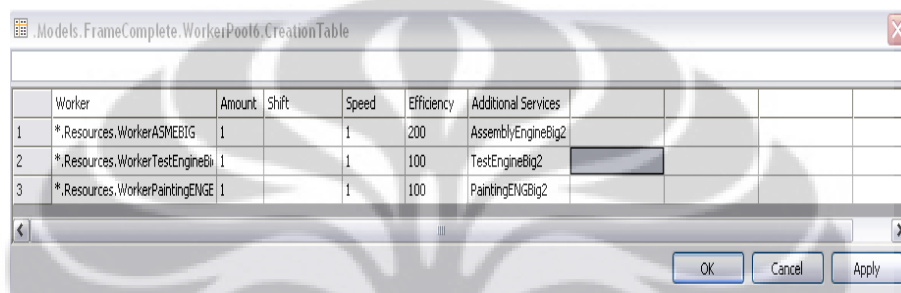
waktu proses terlama jika dibandingkan proses yang lainnya. Beban kerja yang tinggi tersebut dapat menyebabkan terjadinya penumpukan pada proses *main assembly*. Hal tersebut dapat menyebabkan output produksi pada PT. Universal Tekno Reksajaya menjadi rendah.

4.2 Skenario Model

Dari analisa yang dilakukan pada model awal di tahap sebelumnya, diketahui bahwa pada stasiun kerja *main assembly* memiliki beban kerja yang paling besar jika dibandingkan stasiun kerja lainnya. Proses tersebut juga memiliki waktu proses yang paling lama dari seluruh proses pada *engine* besar dan *engine* kecil. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadi penumpukan barang setengah jadi yang dapat mengakibatkan penurunan output produksi. Untuk dapat meningkatkan output produksi pada sistem remanufaktur terdapat beberapa strategi yang dapat diterapkan pada model simulasi. Strategi tersebut antara lain adalah peningkatan efisiensi pekerja, pembuatan waktu overtime, dan penambahan stasiun kerja tambahan.

Peningkatan efisiensi pekerja adalah peningkatan keahlian pekerja untuk melakukan pekerjaan suatu proses. Peningkatan efisiensi yang dilakukan dalam model simulasi adalah sebesar 200% atau pekerja tersebut mampu mengerjakan pekerjaan *main assembly* dua kali lebih cepat dari sebelumnya serta peningkatan sebesar 150% atau pekerja mampu mengerjakan pekerjaan satu setengah kali lebih cepat. Strategi ini dapat diterapkan pada keadaan nyata yang terjadi di lapangan karena hampir seluruh proses yang terjadi dikerjakan oleh manusia bukan melalui mesin otomatis. Sehingga melalui skenario peningkatan efisiensi pekerja, perusahaan dapat mengetahui output yang dapat dihasilkan apabila kemampuan pekerja dapat ditingkatkan. Untuk dapat mengukur jenis strategi ini maka jumlah output yang diambil merupakan rata-rata dari output yang berasal dari tidak ada peningkatan efisiensi, peningkatan efisiensi 150 % dan peningkatan efisiensi 200%. Hal tersebut dilakukan karena dalam peningkatan efisiensi pekerja, kondisi tersebut tidak selalu menyebabkan pekerja akan selalu dapat mengerjakan pekerjaan dua kali lebih cepat namun terkadang pekerja hanya mampu mengerjakan satu setengah kali lebih cepat. Kondisi tersebut

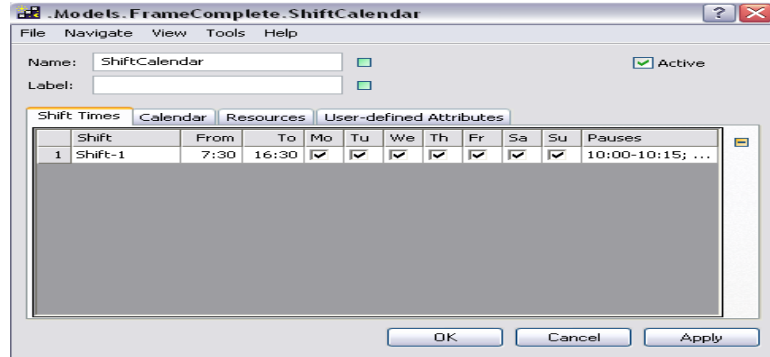
terjadi karena adanya faktor eksternal yang tidak dapat disimulasikan seperti contohnya adalah faktor semangat. Oleh karena itu asumsi yang diambil adalah 20% peluang munculnya output produksi yang berasal dari tidak adanya efisiensi pekerja, 30% peluang munculnya output produksi yang berasal dari peningkatan 150% efisiensi pekerja, dan 50% peluang munculnya output produksi yang berasal dari peningkatan 200% efisiensi pekerja. Berikut ini adalah tampilan pengaturan tingkat efisiensi pekerja *main assembly* pada *engine* besar dan *engine* kecil di software plant simulation.



Worker	Amount	Shift	Speed	Efficiency	Additional Services
1 *Resources.WorkerASMEBIG	1		1	200	AssemblyEngineBig2
2 *Resources.WorkerTestEngineBil	1		1	100	TestEngineBig2
3 *Resources.WorkerPaintingENGE	1		1	100	PaintingENGBig2

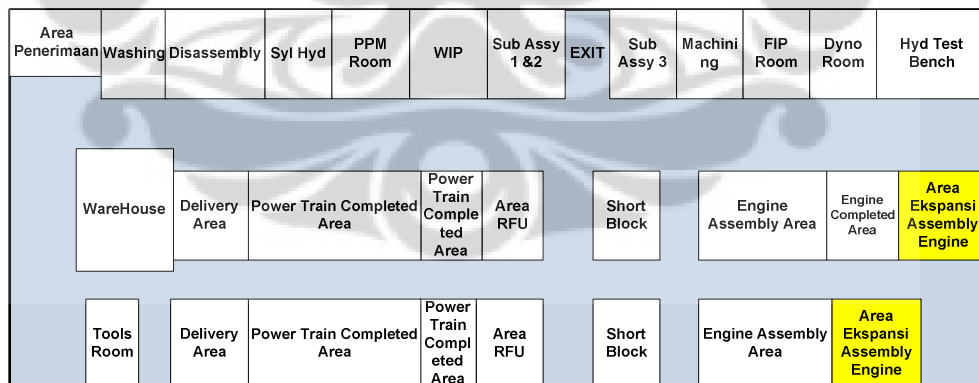
Gambar 4.1 Tampilan Pengaturan Efisiensi Pekerja Pada Software Plant Simulation

Skenario Pembuatan waktu overtime yang akan disimulasikan adalah penambahan jam kerja pada waktu sabtu dan minggu. Jam kerja yang terjadi pada penambahan waktu overtime diasumsikan sama dengan kondisi kerja pada waktu normal. Pada model skenario akan dilakukan eksperimen penambahan waktu overtime hanya satu hari dan penambahan waktu overtime sebanyak dua hari. Skenario ini dapat diterapkan pada dunia nyata. Kemampuan sumber daya manusia dan energy yang dimiliki oleh PT. United Tractor sebagai perusahaan induk dari PT. Universal Tekno Reksajaya sangat memungkinkan untuk melakukan overtime. Sehingga PT. Universal Tekno Reksajaya dapat menerapkan strategi tersebut. Berikut ini adalah tampilan pengaturan overtime pada software plant simulation.



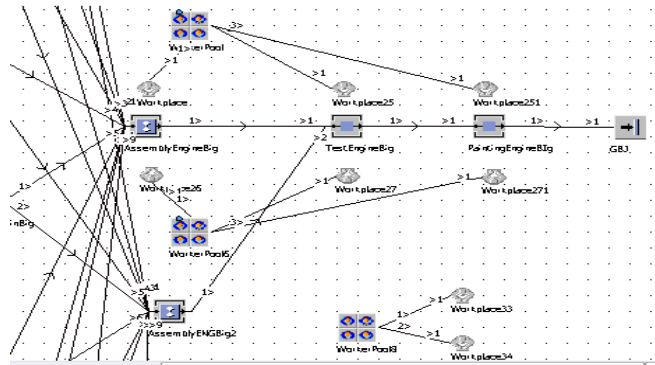
Gambar 4.2 Tampilan Pengaturan Overtime Pada Software Plant Simulation

Skenario strategi produksi yang terakhir adalah penambahan workstation pada workstation *main assembly*. Pada skenario ini eksperimen yang akan dilakukan adalah penambahan jumlah workstation pada *engine* besar dan *engine* kecil akan bertambah sebanyak satu workstation dan dua workstation. Waktu proses pada workstation baru tersebut akan sama dengan waktu proses *main assembly* pada model awal. Penerapan strategi ini sangat memungkinkan bagi PT. Universal Tekno Reksajaya dikarenakan adanya ruang untuk melakukan ekspansi dalam penambahan workstation *main assembly*. Lokasi tersebut dapat dilihat pada denah pabrik berikut.



Gambar 4.3 Tampilan Denah Pabrik

Berikut ini adalah tampilan penambahan workstation pada software plant simulation.



Gambar 4.4 Tampilan Penambahan Workstation *Main Assembly* Pada Software Plant Simulation

Model skenario yang dibuat akan disimulasikan pada empat kondisi. Kondisi-kondisi tersebut merupakan faktor eksternal yang mempengaruhi kinerja remanufaktur. Kondisi tersebut antara lain adalah kondisi normal, kondisi bahan baku mengalami keterlambatan, kondisi *Supplier* mengalami keterlambatan pengiriman *part*, dan kondisi *Supplier* dan bahan baku mengalami keterlambatan dalam pengirimannya. Keterlambatan pengiriman bahan baku oleh konsumen dan pengiriman *part* oleh *Supplier* akan diasumsikan mengalami keterlambatan selama satu minggu. Berikut adalah tampilan gambar pengaturan skenario keterlambatan pada model simulasi.

	time 1	object 2	integer 3	string 4	table 5
string	Delivery Time	MU	Number	Name	Attribute
1	1:00:00.0000	.MUs.Engine	7		
2	1:00:00.0000	.MUs.Engine	3		
3	39:00:00:00.0000	.MUs.Engine	4		
4	39:00:00:00.0000	.MUs.Engine	1		
5	67:00:00:00.0000	.MUs.Engine	6		
6	67:00:00:00.0000	.MUs.Engine	10		
7	98:00:00:00.0000	.MUs.Engine	4		
8	98:00:00:00.0000	.MUs.Engine	0		
9	128:00:00:00.0000	.MUs.Engine	10		
10	128:00:00:00.0000	.MUs.Engine	6		
11	159:00:00:00.0000	.MUs.Engine	5		
12	159:00:00:00.0000	.MUs.Engine	9		
13	189:00:00:00.0000	.MUs.Engine	2		
14	189:00:00:00.0000	.MUs.Engine	1		
15	220:00:00:00.0000	.MUs.Engine	3		

Gambar 4.5 Tampilan Pengaturan Skenario Keterlambatan Pada Software Plant Simulation

Pada saat simulasi berlangsung pada empat kondisi tersebut, masing-masing strategi produksi akan disimulasikan pada empat kondisi tersebut untuk melihat strategi manakah yang mampu menghasilkan output produksi terbesar selama satu tahun.

4.2.1 Kondisi Normal

Pada kondisi normal, skenario strategi berupa peningkatan efisiensi pekerja, Pembuatan waktu overtime, dan penambahan workstation akan disimulasikan satu per satu untuk melihat output produksi serta menganalisa perilaku sistemnya pada masing-masing strategi.

4.2.1.1 Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Normal

Skenario peningkatan efisiensi pekerja yang akan disimulasikan adalah peningkatan efisiensi pada pekerja *main assembly*. Peningkatan efisiensi pekerja yang dilakukan adalah sebesar 150% dan 200%. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa nilai rata-rata perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.11 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Normal

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.73%	<i>Waiting</i>	85.08%
<i>Working</i>	20.27%	<i>Working</i>	14.92%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.15%	<i>Waiting</i>	83.81%
<i>Working</i>	21.85%	<i>Working</i>	16.19%

Pada tabel 4.11 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami penurunan sebesar 5.35 % pada *engine* besar dan 5.66 %. Penurunan beban kerja tersebut disebabkan oleh

tingkat keahlian pekerja yang mampu menyelesaikan pekerjaan pada *main assembly* dua kali lebih cepat dari sebelumnya sehingga dengan kondisi tersebut workstation *main assembly* mampu mengurangi barang setengah jadi yang menumpuk pada workstation tersebut.

Setelah menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada model skenario maka tahap berikutnya adalah membandingkan output produksi yang terjadi pada model skenario dengan output produksi yang terjadi pada model awal. Untuk dapat melihat output yang dihasilkan oleh peningkatan efisiensi pekerja maka digunakan asumsi peluang kemunculan output dari kondisi tidak ada peningkatan efisiensi sebesar 20%, peningkatan efisiensi 150% sebesar 30% dan peningkatan 200 % sebesar 50%. Berikut ini adalah perbandingan output produksi antara dua model tersebut.

Tabel 4.12 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Kondisi Normal

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	31	Output Produksi	44
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	38	Output Produksi	58

Pada tabel 4.12 dapat dilihat bahwa setelah melakukan penambahan efisiensi pekerja pada workstation *main assembly* terjadi peningkatan output produksi secara keseluruhan. Peningkatan tersebut terjadi karena adanya penurunan beban kerja di workstation *main assembly* yang dimana proses tersebut memiliki waktu proses yang paling lama jika dibandingkan proses yang lainnya. Dengan adanya kondisi tersebut maka penumpukan barang setengah jadi pada proses tersebut dapat dikurangi sehingga akan terjadi peningkatan output produksi dalam sistem remanufaktur.

4.2.1.2 Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Normal

Skenario Pembuatan waktu overtime yang akan disimulasikan adalah penambahan waktu kerja pada satu hari dan dua hari. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.13 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Normal

<i>Engine Besar (Dua Hari)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.73%	<i>Waiting</i>	72.13%
<i>Working</i>	20.27%	<i>Working</i>	27.87%
<i>Engine Kecil (Dua Hari)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.15%	<i>Waiting</i>	69.30%
<i>Working</i>	21.85%	<i>Working</i>	30.70%

Pada tabel 4.13 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami peningkatan sebesar 7.60 % pada *engine* besar dan 8.15 %. Peningkatan beban kerja tersebut disebabkan oleh workstation *main assembly* harus melakukan pekerjaan tambahan pada Sabtu dan Minggu dengan kondisi kapasitas maupun keahlian pekerja pada workstation tersebut tetap sama. Kondisi tersebut menyebabkan penumpukan pada *main assembly* yang lebih besar dari kondisi normal. Namun kondisi tersebut juga menyebabkan output produksi yang diperoleh akan naik karena sistem remanufaktur memiliki waktu tambahan yaitu Sabtu dan Minggu untuk melakukan proses remanufaktur. Output produksi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.14 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overime Kondisi Normal

<i>Engine Besar (Dua Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	31	Output Produksi	43
<i>Engine Kecil (Dua Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	38	Output Produksi	54
<i>Engine Besar (Satu Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	31	Output Produksi	36
<i>Engine Kecil (Satu Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	38	Output Produksi	47

Pada tabel 4.14 dapat dilihat dengan adanya tambahan waktu sebanyak dua hari yaitu Sabtu dan Minggu mampu meningkatkan produksi remanufaktur lebih baik dibandingkan pembuatan waktu overtime hanya satu hari setelah disimulasikan selama satu tahun. Meskipun pada kondisi tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan beban kerja pada *main assembly* namun pada kondisi ini sistem remanufaktur memiliki waktu tambahan untuk memproduksi *engine* secara lebih signifikan sehingga meskipun terjadi penumpukan barang setengah jadi pada workstation *main assembly*, penumpukan tersebut dapat segera dikerjakan dengan waktu tambahan tersebut.

4.2.1.3 Penambahan Workstation Kondisi Normal

Skenario penambahan workstation yang akan disimulasikan adalah penambahan satu workstation dan dua workstation *main assembly*. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.15 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Normal

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.73%	<i>Waiting</i>	84.93%
<i>Working</i>	20.27%	<i>Working</i>	15.07%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.15%	<i>Waiting</i>	88.11%
<i>Working</i>	21.85%	<i>Working</i>	11.89%

Pada tabel 4.15 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami penurunan sebesar 5.20 % pada *engine* besar dan 9.96 % pada *engine* kecil . Penurunan beban kerja tersebut disebabkan adanya distribusi pekerjaan pada workstation *main disassembly* tambahan sehingga beban kerja pada workstation pertama dapat terbagi. Pengurangan beban kerja terbesar terjadi pada bagian *engine* kecil. Hal tersebut terjadi karena saat disimulasikan selama satu tahun barang yang kembali dari konsumen, produk *engine* kecil memiliki proporsi yang lebih besar dibandingkan *engine* besar sehingga beban kerja pada masing-masing workstation *engine* kecil juga akan semakin besar terutama pada *main assembly*.

Dengan adanya *main assembly* tambahan maka beban kerja pada *engine* kecil juga akan berkurang serta penumpukan barang setengah jadi pada proses *main assembly engine* besar dan *engine* kecil akan mengalami penurunan. Semakin tinggi perputaran dari barang setengah jadi maka output yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Untuk melihat hal tersebut maka pada tabel berikut akan terdapat perbandingan antara output model awal dan model skenario penambahan workstation.

Tabel 4.16 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Normal

<i>Engine Besar (Dua WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	31	Output Produksi	44
<i>Engine Kecil (Dua WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	38	Output Produksi	58
<i>Engine Besar (Tiga WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	31	Output Produksi	44
<i>Engine Kecil (Tiga WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	38	Output Produksi	58

Pada tabel 4.16 dapat dilihat bahwa setelah melakukan penambahan satu workstation dan dua workstation pada *main assembly* maka terjadi kesamaan peningkatan output produksi secara keseluruhan. Hal tersebut terjadi karena kedatangan *damage core* memiliki pola kedatangan yang sama antara penambahan satu *workstation main assembly*. Peningkatan tersebut terjadi karena adanya penurunan beban kerja di workstation *main assembly* yang dimana proses tersebut memiliki waktu proses yang paling lama jika dibandingkan proses yang lainnya. Dengan adanya kondisi tersebut maka penumpukan barang setengah jadi pada proses tersebut dapat dikurangi sehingga akan terjadi peningkatan output produksi dalam sistem remanufaktur.

4.2.2 Kondisi Bahan Baku (*Damage core*) Mengalami Keterlambatan

Pada kondisi bahan baku (*damage core*) mengalami keterlambatan, skenario strategi berupa peningkatan efisiensi pekerja, Pembuatan waktu overtime, dan penambahan workstation akan disimulasikan satu per satu untuk melihat output produksi serta menganalisa perilaku sistemnya pada masing-masing strategi. Kondisi keterlambatan akan disimulasikan berupa kedatangan barang akan tiba pada minggu kedua setiap bulannya. Simulasi akan dijalankan selama satu tahun.

4.2.2.1 Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Bahan Baku Mengalami Keterlambatan

Skenario peningkatan efisiensi pekerja yang akan disimulasikan sama dengan eksperimen simulasi pada kondisi normal yaitu peningkatan efisiensi pada pekerja *main assembly*. Peningkatan efisiensi pekerja yang dilakukan adalah sebesar 150% dan 200%. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa nilai rata-rata perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.17 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.91%	<i>Waiting</i>	85.44%
<i>Working</i>	20.09%	<i>Working</i>	14.56%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	84.05%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	15.95%

Pada tabel 4.17 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami penurunan sebesar 5.53 % pada *engine* besar dan 5.89 %. Penurunan beban kerja tersebut disebabkan oleh tingkat keahlian pekerja yang mampu menyelesaikan pekerjaan pada *main assembly* dua kali lebih cepat dari sebelumnya sehingga dengan kondisi tersebut workstation *main assembly* mampu mengurangi barang setengah jadi yang menumpuk pada workstation tersebut. Meskipun kedatangan barang mengalami keterlambatan selama satu minggu namun dengan adanya penambahan keahlian output produksi yang dihasilkan juga dapat ditingkatkan dari kondisi model awal

yang berada pada situasi bahan baku yang datang terlambat. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.18 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	44
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	57

Untuk dapat melihat output yang dihasilkan oleh peningkatan efisiensi pekerja maka digunakan asumsi peluang kemunculan output dari kondisi tidak ada peningkatan efisiensi sebesar 20%, peningkatan efisiensi 150% sebesar 30% dan peningkatan 200 % sebesar 50%. Hasil model awal pada kondisi normal dengan model awal kondisi bahan baku terlambat menunjukkan output yang lebih mengecil. Pada saat kondisi keterlambatan barang selama seminggu terjadi, model awal menunjukkan perilaku sistem yang mampu memproduksi *engine* sama seperti kondisi normal. Perbandingan model skenario penambahan efisiensi pekerja pada kondisi awal dengan kondisi keterlambatan bahan baku menunjukkan perbedaan jumlah output. Kondisi kinerja pada skenario penambahan efisiensi pekerja adalah mampu mengurangi jumlah barang setengah jadi yang menumpuk pada proses *main assembly* dengan kondisi keterlambatan bahan baku maka kondisi barang setengah jadi yang dihasilkan juga akan menurun sehingga output produksi yang terjadi juga akan menurun. Namun secara keseluruhan jika dibandingkan dengan model awal dengan kondisi keterlambatan bahan baku, model penambahan efisiensi pekerja mampu meningkatkan jumlah output produksi.

4.2.2.2 Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

Skenario peningkatan efisiensi pekerja yang akan disimulasikan sama dengan eksperimen simulasi pada kondisi normal yaitu penambahan waktu kerja satu hari dan penambahan waktu kerja sebanyak dua hari. Setelah skenario

simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Perilaku sistem yang diamati adalah proses *main assembly*. Pengamatan tersebut dikarenakan proses tersebut merupakan proses dengan beban kerja dan waktu proses terlama sehingga faktor yang berperan mempengaruhi jumlah output adalah proses *main assembly*. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.19 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.91%	<i>Waiting</i>	72.71%
<i>Working</i>	20.09%	<i>Working</i>	27.29%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sebelum Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	69.30%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	30.70%

Pada tabel 4.19 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami peningkatan sebesar 7.20 % pada *engine besar* dan 8.86 % pada *engine kecil*. Peningkatan beban kerja tersebut disebabkan oleh workstation *main assembly* harus melakukan pekerjaan tambahan pada Sabtu dan Minggu dengan kondisi kapasitas maupun keahlian pekerja pada workstation tersebut tetap sama. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya akumulasi penumpukan pada *main assembly* yang lebih besar dari kondisi normal. Namun kondisi tersebut juga menyebabkan output produksi yang diperoleh akan naik karena sistem remanufaktur memiliki waktu tambahan yaitu Sabtu dan Minggu untuk melakukan proses remanufaktur. Output produksi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.20 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

<i>Engine Besar (Dua Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	40
<i>Engine Kecil (Dua Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	55
<i>Engine Besar (Satu Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	36
<i>Engine Kecil (Satu Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	47

Pada tabel 4.20 dapat dilihat dengan adanya tambahan waktu sebanyak dua hari yaitu Sabtu dan Minggu mampu meningkatkan produksi remanufaktur dibandingkan penambahan waktu overtime sebanyak satu hari setelah disimulasikan selama satu tahun. Namun pada kondisi tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan beban kerja pada *main assembly* namun pada kondisi ini sistem remanufaktur memiliki waktu tambahan untuk memproduksi *engine* secara lebih signifikan sehingga meskipun terjadi penumpukan barang setengah jadi pada workstation *main assembly*, penumpukan tersebut dapat segera dikerjakan dengan waktu tambahan tersebut. Jika dibandingkan antara model penambahan overtime pada kondisi normal dengan penambahan overtime di kondisi keterlambatan bahan baku, jumlah *engine* yang dihasilkan pada overtime kondisi keterlambatan bahan baku mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi karena bahan baku yang digunakan untuk produksi mengalami penurunan sehingga ketika simulasi selesai dijalankan selama satu tahun barang yang kembali tidak sebanyak pada kondisi normal.

4.2.2.3 Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

Skenario penambahan workstation yang akan disimulasikan sama dengan simulasi pada kondisi normal yaitu penambahan satu workstation dan dua workstation *main assembly* pada *engine* besar dan *engine* kecil. Setelah skenario

simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.21 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.91%	<i>Waiting</i>	84.53%
<i>Working</i>	20.09%	<i>Working</i>	15.47%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	88.07%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	11.93%

Pada tabel 4.21 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami penurunan sebesar 5.08 % pada *engine besar* dan 10.59 % pada *engine kecil*. Penurunan beban kerja tersebut disebabkan adanya distribusi pekerjaan pada workstation *main disassembly* tambahan sehingga beban kerja pada workstation pertama dapat terbagi. Pengurangan beban kerja terbesar terjadi pada bagian *engine kecil*. Hal tersebut terjadi karena saat disimulasikan selama satu tahun barang yang kembali dari konsumen, produk *engine kecil* memiliki proporsi yang lebih besar dibandingkan *engine besar* sehingga beban kerja pada masing-masing workstation *engine kecil* juga akan semakin besar terutama pada *main assembly*. Pada kondisi keterlambatan bahan baku selama seminggu, perilaku sistem tetap bekerja sesuai dengan kondisi normal yaitu mampu mengurangi beban kerja serta penumpukan yang terjadi pada *main assembly*.

Dengan adanya *main assembly* tambahan maka beban kerja pada *engine kecil* juga akan berkurang serta penumpukan barang setengah jadi pada proses *main assembly engine besar* dan *engine kecil* akan mengalami penurunan. Sehingga menyebabkan semakin tinggi perputaran dari barang setengah jadi. Dari keadaan tersebut output yang dihasilkan juga akan semakin

meningkat. Untuk melihat hal tersebut maka pada tabel berikut akan terdapat perbandingan antara output model awal dan model skenario penambahan workstation.

Tabel 4.22 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

<i>Engine Besar (Dua Ws Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	43
<i>Engine Kecil (Dua WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	56
<i>Engine Besar (Tiga Ws Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	43
<i>Engine Kecil (Tiga WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	58

Pada tabel 4.22 dapat dilihat bahwa setelah melakukan penambahan dua workstation pada *main assembly* maka terjadi peningkatan output produksi secara keseluruhan. Peningkatan tersebut terjadi karena perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* yaitu adalah kemampuan untuk mengurangi barang setengah jadi untuk menjadi output produksi *engine*. Namun hasil produksi yang dihasilkan pada keadaan keterlambatan bahan baku (*damage core*) lebih kecil dibandingkan output yang dihasilkan pada kondisi normal. Hal tersebut terjadi karena pada kondisi normal bahan baku yang masuk lebih banyak dibandingkan kondisi keterlambatan.

4.2.3 Kondisi Keterlambatan Pengiriman *Supplier*

Pada kondisi keterlambatan pengiriman *Supplier*, skenario strategi berupa peningkatan efisiensi pekerja, Pembuatan waktu overtime, dan penambahan workstation akan disimulasikan satu per satu untuk melihat output produksi serta menganalisa perilaku sistemnya pada masing-masing strategi. Kondisi keterlambatan *Supplier* akan disimulasikan berupa kedatangan komponen dari

Supplier akan tiba pada minggu kedua setiap bulannya. Simulasi akan dijalankan selama satu tahun.

4.2.3.1 Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Pengiriman *Supplier*

Skenario peningkatan efisiensi pekerja yang akan disimulasikan sama dengan eksperimen simulasi pada kondisi sebelumnya yaitu peningkatan efisiensi pada pekerja *main assembly*. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.23 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Pada Keterlambatan *Supplier*

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.74%	<i>Waiting</i>	85.21%
<i>Working</i>	20.26%	<i>Working</i>	14.79%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	83.80%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	16.20%

Pada tabel 4.23 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami penurunan sebesar 5.47 % pada *engine* besar dan 5.64 % pada *engine* kecil. Penurunan beban kerja tersebut disebabkan oleh tingkat keahlian pekerja yang mampu menyelesaikan pekerjaan pada *main assembly* dua kali lebih cepat dari sebelumnya sehingga dengan kondisi tersebut workstation *main assembly* mampu mengurangi barang setengah jadi yang menumpuk pada workstation tersebut. Meskipun kedatangan *part Supplier* mengalami keterlambatan selama satu minggu namun dengan adanya penambahan keahlian output produksi yang dihasilkan juga dapat ditingkatkan

dari kondisi model awal yang berada pada situasi bahan baku yang datang terlambat. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.24 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Pada Kondisi Keterlambatan *Supplier*

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	44
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	57

Untuk dapat melihat output yang dihasilkan oleh peningkatan efisiensi pekerja maka digunakan asumsi peluang kemunculan output dari kondisi tidak ada peningkatan efisiensi sebesar 20%, peningkatan efisiensi 150% sebesar 30% dan peningkatan 200 % sebesar 50%. Hasil model skenario pada kondisi normal dengan kondisi keterlambatan *Supplier* mengalami perbedaan output produksi sebesar satu buah pada *engine* kecil. Kondisi tersebut terjadi karena *part* yang digunakan untuk memproduksi komponen-komponen pada *sub assembly* dan FIP Room mengalami waktu tunggu yang lebih lama dari kondisi normal sehingga menyebabkan tidak seluruh barang dapat diproduksi ketika simulasi selesai dijalankan selama satu tahun.

4.2.3.2 Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Pengiriman *Supplier*

Skenario penambahan waktu overtime yang akan disimulasikan sama dengan eksperimen simulasi pada kondisi normal yaitu penambahan waktu kerja pada Sabtu dan Minggu. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Perilaku sistem yang diamati adalah proses *main assembly*. Pengamatan tersebut dikarenakan proses tersebut merupakan proses dengan beban kerja dan waktu proses terlama sehingga faktor yang berperan mempengaruhi jumlah output adalah proses *main assembly*. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.25 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Pada Kondisi Keterlambatan *Supplier*

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.74%	<i>Waiting</i>	72.25%
<i>Working</i>	20.26%	<i>Working</i>	27.75%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	69.30%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	30.70%

Pada tabel 4.25 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami peningkatan sebesar 7.51 % pada *engine* besar dan 8.86 % pada *engine* kecil. Peningkatan beban kerja tersebut disebabkan oleh workstation *main assembly* harus melakukan pekerjaan tambahan pada Sabtu dan Minggu dengan kondisi kapasitas maupun keahlian pekerja pada workstation tersebut tetap sama. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya akumulasi penumpukan pada *main assembly* yang lebih besar dari kondisi normal. Namun kondisi tersebut juga menyebabkan output produksi yang diperoleh akan naik karena sistem remanufaktur memiliki waktu tambahan yaitu Sabtu dan Minggu untuk melakukan proses remanufaktur. Output produksi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.26 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Pada Kondisi Keterlambatan *Supplier*

<i>Engine Besar (Dua Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	40
<i>Engine Kecil (Dua Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	56

Tabel 4.26 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Pada Kondisi Keterlambatan *Supplier* (Sambungan)

<i>Engine Besar (Satu Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	36
<i>Engine Kecil (Satu Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	47

Pada tabel 4.26 dapat dilihat dengan adanya tambahan waktu sebanyak dua hari yaitu Sabtu dan Minggu mampu meningkatkan produksi remanufaktur setelah disimulasikan selama satu tahun. Namun pada kondisi tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan beban kerja pada *main assembly* namun pada kondisi ini sistem remanufaktur memiliki waktu tambahan untuk memproduksi *engine* secara lebih signifikan sehingga meskipun terjadi penumpukan barang setengah jadi pada workstation *main assembly*, penumpukan tersebut dapat segera dikerjakan dengan waktu tambahan tersebut. Jika dibandingkan antara model penambahan overtime pada kondisi normal dengan penambahan overtime di kondisi keterlambatan *part* dari *Supplier*, jumlah *engine* yang dihasilkan pada overtime kondisi keterlambatan bahan baku mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi karena bahan baku yang digunakan untuk produksi mengalami penurunan sehingga ketika simulasi selesai dijalankan selama satu tahun barang yang kembali tidak sebanyak pada kondisi normal.

4.2.3.3 Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Pengiriman *Supplier*

Skenario penambahan workstation yang akan disimulasikan sama dengan simulasi pada kondisi normal yaitu penambahan satu workstation dan dua workstation *main assembly* pada *engine* besar dan *engine* kecil. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.27 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan *Supplier*

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.91%	<i>Waiting</i>	84.41%
<i>Working</i>	20.09%	<i>Working</i>	14.59%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	88.09%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	11.91%

Pada tabel 4.27 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami penurunan sebesar 5.59 % pada *engine* besar dan 9.93 % pada *engine* kecil . Penurunan beban kerja tersebut disebabkan adanya distribusi pekerjaan pada workstation *main assembly* tambahan sehingga beban kerja pada workstation pertama dapat terbagi. Pengurangan beban kerja terbesar terjadi pada bagian *engine* kecil. Hal tersebut terjadi karena saat disimulasikan selama satu tahun barang yang kembali dari konsumen, produk *engine* kecil memiliki proporsi yang lebih besar dibandingkan *engine* besar sehingga beban kerja pada masing-masing workstation *engine* kecil juga akan semakin besar terutama pada *main assembly*. Pada kondisi keterlambatan *Supplier part* selama seminggu, perilaku sistem tetap bekerja sesuai dengan skenario penambahan workstation pada kondisi normal yaitu mampu mengurangi beban kerja serta penumpukan yang terjadi pada *main assembly*.

Dengan adanya *main assembly* tambahan maka beban kerja pada *engine* kecil juga akan berkurang serta penumpukan barang setengah jadi pada proses *main assembly engine* besar dan *engine* kecil akan mengalami penurunan. Sehingga menyebabkan semakin tinggi perputaran dari barang setengah jadi. Dari keadaan tersebut output yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Untuk melihat hal tersebut maka pada tabel berikut akan terdapat

perbandingan antara output model awal dan model skenario penambahan workstation.

Tabel 4.28 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Pada Kondisi Keterlambatan *Supplier*

<i>Engine Besar (Dua WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	43
<i>Engine Kecil (Tiga WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	57
<i>Engine Besar (Tiga WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	43
<i>Engine Kecil (Tiga WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	57

Pada tabel 4.28 dapat dilihat bahwa setelah melakukan penambahan satu workstation dan penambahan dua workstation pada *main assembly* maka terjadi peningkatan output produksi yang sama secara keseluruhan. Peningkatan tersebut terjadi karena perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* yaitu adalah kemampuan untuk mengurangi barang setengah jadi untuk menjadi output produksi *engine*. Namun hasil produksi yang dihasilkan pada keadaan keterlambatan *Supplier* lebih kecil dibandingkan output yang dihasilkan pada skenario penambahan workstation pada kondisi normal. Hal tersebut terjadi karena pada kondisi normal *Supplier* dapat mengirimkan *part* yang dipesan tepat pada waktunya sehingga komponen yang dibentuk pada *sub assembly* dan FIP Room dapat terproduksi dengan lebih banyak dan dapat dikirimkan kepada proses *main assembly* secara tepat waktu dibandingkan dengan kondisi keterlambatan *Supplier*.

4.2.4 Kondisi Keterlambatan Bahan Baku (*Damage core*) dan Keterlambatan *Part Supplier*

Pada kondisi bahan baku (*damage core*) mengalami keterlambatan serta keterlambatan *Supplier* dalam mengirimkan *part*, skenario strategi berupa peningkatan efisiensi pekerja, Pembuatan waktu overtime, dan penambahan workstation akan disimulasikan satu per satu untuk melihat output produksi serta menganalisa perilaku sistemnya pada masing-masing strategi. Kondisi keterlambatan akan disimulasikan berupa kedatangan barang dan pengiriman *Supplier* akan tiba pada minggu kedua setiap bulannya. Simulasi akan dijalankan selama satu tahun.

4.2.4.1 Peningkatan Efisiensi Pekerja Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Keterlambatan Pengiriman *Supplier*

Skenario peningkatan efisiensi pekerja yang akan disimulasikan sama dengan eksperimen simulasi pada kondisi normal yaitu peningkatan efisiensi pada pekerja *main assembly*. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.29 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan *Supplier*

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.91%	<i>Waiting</i>	85.49%
<i>Working</i>	20.09%	<i>Working</i>	14.51%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	84.30%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	15.70%

Pada tabel 4.11 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami penurunan sebesar 5.58 % pada *engine* besar dan 6.14 %. Penurunan beban kerja tersebut disebabkan oleh tingkat keahlian pekerja yang mampu menyelesaikan pekerjaan pada *main assembly* dua kali lebih cepat dari sebelumnya sehingga dengan kondisi tersebut workstation *main assembly* mampu mengurangi barang setengah jadi yang menumpuk pada workstation tersebut. Meskipun kedatangan barang dan kedatangan *part Supplier* mengalami keterlambatan selama satu minggu namun dengan adanya penambahan keahlian output produksi yang dihasilkan juga dapat ditingkatkan dari kondisi model awal yang berada pada situasi bahan baku dan *Supplier part* yang datang terlambat. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.30 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Peningkatan Efisiensi Pekerja Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan *Supplier*

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	44
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	57

Untuk dapat melihat output yang dihasilkan oleh peningkatan efisiensi pekerja maka digunakan asumsi peluang kemunculan output dari kondisi tidak ada peningkatan efisiensi sebesar 20%, peningkatan efisiensi 150% sebesar 30% dan peningkatan 200 % sebesar 50%. Perbandingan model skenario penambahan efisiensi pekerja pada kondisi awal dengan kondisi keterlambatan bahan baku menunjukkan perbedaan jumlah output. Kondisi kinerja pada skenario penambahan efisiensi pekerja adalah mampu mengurangi jumlah barang setengah jadi yang menumpuk pada proses *main assembly* dengan kondisi keterlambatan bahan baku dan *part Supplier* maka kondisi barang setengah jadi yang menuju *main assembly* yang juga akan menurun sehingga sistem produksi tidak dapat memutar barang setengah jadi menjadi barang jadi secara maksimal.

Namun secara keseluruhan jika dibandingkan dengan model awal dengan kondisi keterlambatan bahan baku dan *Supplier part*, model penambahan efisiensi pekerja mampu meningkatkan jumlah output produksi.

4.2.4.2 Pembuatan Waktu Overtime Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Keterlambatan Pengiriman *Supplier*

Skenario penambahan waktu overtime yang akan disimulasikan pada kondisi keterlambatan bahan baku dan *part Supplier* sama dengan eksperimen simulasi pada kondisi normal yaitu penambahan waktu kerja pada Sabtu dan Minggu. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Perilaku sistem yang diamati adalah proses *main assembly*. Pengamatan tersebut dikarenakan proses tersebut merupakan proses dengan beban kerja dan waktu proses terlalu lama sehingga faktor yang berperan mempengaruhi jumlah output adalah proses *main assembly*. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.31 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Waktu Overtime Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan *Supplier*

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.74%	<i>Waiting</i>	72.71%
<i>Working</i>	20.26%	<i>Working</i>	27.29%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	69.30%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	30.70%

Pada tabel 4.31 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami peningkatan sebesar 7.03 % pada *engine* besar dan 8.86 % pada *engine* kecil. Peningkatan beban kerja tersebut disebabkan oleh workstation *main assembly* harus melakukan pekerjaan

tambahan pada Sabtu dan Minggu dengan kondisi kapasitas maupun keahlian pekerja pada workstation tersebut tetap sama. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya akumulasi penumpukan pada *main assembly* yang lebih besar dari kondisi normal. Namun kondisi tersebut juga menyebabkan output produksi yang diperoleh akan naik karena sistem remanufaktur memiliki waktu tambahan yaitu Sabtu dan Minggu untuk melakukan proses remanufaktur. Output produksi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.32 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Pembuatan Waktu Overtime Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan *Supplier*

<i>Engine Besar (Dua Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	40
<i>Engine Kecil (Dua Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	55
<i>Engine Besar (Satu Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	36
<i>Engine Kecil (Satu Hari Overtime)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	47

Pada tabel 4.32 dapat dilihat dengan adanya tambahan waktu sebanyak dua hari yaitu Sabtu dan Minggu mampu meningkatkan produksi remanufaktur setelah disimulasikan selama satu tahun. Pada kondisi keterlambatan bahan baku dan *part Supplier*, skenario Pembuatan overtime mengalami penurunan jumlah output jika dibandingkan strategi overtime pada kondisi sebelumnya. Hal ini terjadi karena masing-masing proses pada saat terjadi keterlambatan tidak dapat mengerjakan proses yang seharusnya dikerjakan diakibatkan tidak adanya bahan baku dan *Supplier part*. Dalam hal ini strategi waktu overtime memiliki kelemahan apabila keterlambatan bahan baku dan *Supplier part* memiliki jangka waktu yang lama dimana waktu overtime akan menjadi biaya yang terbuang karena tidak dapat mengerjakan proses. Namun strategi ini juga memiliki kelebihan dimana ketika keterlambatan tersebut memiliki pola jangka waktu

yang pendek dan jumlah bahan baku yang kembali melebihi kapasitas pabrik. Keadaan tersebut dapat memanfaatkan strategi overtime untuk mengerjakan seluruh pekerjaan secara tepat waktu.

4.2.4.3 Penambahan Workstation Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan Keterlambatan Pengiriman *Supplier*

Skenario penambahan workstation yang akan disimulasikan sama dengan simulasi pada kondisi normal yaitu penambahan satu workstation dan dua workstation *main assembly* pada *engine* besar dan *engine* kecil. Setelah skenario simulasi dijalankan selama satu tahun maka kita dapat menganalisa perilaku sistem yang terjadi pada skenario tersebut. Berikut ini adalah tabel perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* sebelum dan sesudah skenario.

Tabel 4.33 Tabel Hasil Perbandingan Perilaku Sistem Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan *Supplier*

<i>Engine Besar</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	79.91%	<i>Waiting</i>	84.99%
<i>Working</i>	20.09%	<i>Working</i>	15.01%
<i>Engine Kecil</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
<i>Blocked</i>	0.00%	<i>Blocked</i>	0.00%
<i>Waiting</i>	78.16%	<i>Waiting</i>	88.75%
<i>Working</i>	21.84%	<i>Working</i>	11.25%

Pada tabel 4.33 dapat dilihat bahwa tingkat waktu *working* setelah skenario pada pekerjaan *main assembly* mengalami penurunan sebesar 5.08 % pada *engine* besar dan 10.59 % pada *engine* kecil. Penurunan beban kerja tersebut disebabkan adanya distribusi pekerjaan pada workstation *main assembly* tambahan sehingga beban kerja pada workstation pertama dapat terbagi. Pengurangan beban kerja terbesar terjadi pada bagian *engine* kecil. Hal tersebut terjadi karena saat disimulasikan selama satu tahun barang yang kembali dari konsumen, produk *engine* kecil memiliki proporsi yang lebih besar dibandingkan

engine besar sehingga beban kerja pada masing-masing workstation *engine* kecil juga akan semakin besar terutama pada *main assembly*. Pada kondisi keterlambatan bahan baku dan *Supplier part* selama seminggu, perilaku sistem tetap bekerja sesuai dengan skenario penambahan workstation pada kondisi normal yaitu mampu mengurangi beban kerja serta penumpukan barang setengah jadi yang terjadi pada *main assembly*.

Dengan adanya *main assembly* tambahan menyebabkan semakin tinggi perputaran dari barang setengah jadi. Dari keadaan tersebut output yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Untuk melihat hal tersebut maka pada tabel berikut akan terdapat perbandingan antara output model awal dan model skenario penambahan workstation.

Tabel 4.34 Tabel Hasil Perbandingan Output Produksi Sebelum dan Sesudah Skenario Penambahan Workstation Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku dan *Supplier*

<i>Engine Besar (Dua WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	43
<i>Engine Kecil (Dua WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	56
<i>Engine Besar (Tiga WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	30	Output Produksi	43
<i>Engine Kecil (Tiga WS Main Assembly)</i>			
Hasil Sebelum Skenario		Hasil Sesudah Skenario	
Output Produksi	39	Output Produksi	56

Pada tabel 4.34 dapat dilihat bahwa setelah melakukan penambahan satu workstation dan dua workstation pada *main assembly* maka terjadi peningkatan output produksi secara keseluruhan. Peningkatan tersebut terjadi karena perilaku sistem yang terjadi pada *main assembly* yaitu adalah kemampuan untuk mengurangi barang setengah jadi untuk menjadi output produksi *engine*. Namun hasil produksi yang dihasilkan pada keadaan keterlambatan bahan baku dan *Supplier part* lebih kecil dibandingkan output yang dihasilkan pada skenario penambahan workstation pada kondisi normal. Hal tersebut terjadi karena pada

kondisi normal bahan baku yang kembali dapat datang dengan tepat waktu sehingga dengan adanya keadaan tersebut sistem produksi dapat memproduksi *engine* lebih banyak. Serta pada keadaan normal *Supplier* dapat mengirimkan *part* yang dipesan tepat pada waktunya sehingga komponen yang dibentuk pada *sub assembly* dan FIP Room dapat terproduksi dengan lebih banyak dan dapat dikirimkan kepada proses *main assembly* secara tepat waktu dibandingkan dengan kondisi keterlambatan *Supplier*.

4.3 Analisis Model Secara Keseluruhan

Setelah melakukan seluruh simulasi terhadap model awal dan skenario maka pemilihan strategi terbaik dapat dilakukan. Untuk dapat melihat masing-masing performa strategi produksi maka akan digunakan sebuah tabel perbandingan antar seluruh strategi. Pada tabel 4.35 akan menjelaskan tentang hasil simulasi yang didapatkan pada kondisi normal.

Tabel 4.35 Tabel Hasil Perbandingan Strategi Pada Kondisi Normal

Kondisi Normal			
Strategi	Output <i>Engine</i> Besar	Output <i>Engine</i> Kecil	Total Output
Tanpa Perubahan Strategi (Model Awal)	31	38	69
Peningkatan Efisiensi Pekerja	44	58	102
Pembuatan Waktu Overtime	43	54	97
Penambahan Workstation	44	58	102

Hasil simulasi yang dilakukan selama satu tahun pada kondisi normal menunjukkan bahwa strategi peningkatan efisiensi pekerja dan penambahan workstation mampu memberikan output produksi terbesar dibandingkan strategi produksi lainnya. Pada tabel 4.36 akan menjelaskan tentang hasil simulasi yang didapatkan pada kondisi keterlambatan bahan baku.

Tabel 4.36 Tabel Hasil Perbandingan Strategi Pada Kondisi Keterlambatan Bahan Baku

Kondisi Bahan Baku Mengalami Keterlambatan			
Strategi	Output <i>Engine</i> Besar	Output <i>Engine</i> Kecil	Total Output
Tanpa Perubahan Strategi (Model Awal)	30	39	69
Peningkatan Efisiensi Pekerja	44	57	101
Pembuatan Waktu Overtime	40	55	95
Penambahan Workstation	43	56	99

Hasil simulasi yang dilakukan selama satu tahun pada kondisi keterlambatan bahan baku menunjukkan bahwa strategi peningkatan efisiensi pekerja mampu memberikan output produksi terbesar dibandingkan strategi produksi lainnya. Pada tabel 4.37 akan menjelaskan tentang hasil simulasi yang didapatkan pada kondisi keterlambatan pengiriman supplier.

Tabel 4.37 Tabel Hasil Perbandingan Strategi Pada Kondisi Keterlambatan *Supplier*

Kondisi <i>Supplier</i> Terlambat Mengirim <i>Part</i>			
Strategi	Output <i>Engine</i> Besar	Output <i>Engine</i> Kecil	Total Ouput
Tanpa Perubahan Strategi (Model Awal)	30	39	69
Peningkatan Efisiensi Pekerja	44	57	101
Pembuatan Waktu Overtime	40	56	96
Penambahan Workstation	43	57	100

Hasil simulasi yang dilakukan selama satu tahun pada kondisi keterlambatan supplier menunjukkan bahwa strategi peningkatan efisiensi pekerja mampu memberikan output produksi terbesar dibandingkan strategi produksi lainnya. Pada tabel 4.38 akan menjelaskan tentang hasil simulasi yang didapatkan pada kondisi keterlambatan bahan baku dan *supplier*.

Tabel 4.38 Tabel Hasil Perbandingan Strategi Pada Kondisi Bahan Baku dan *Supplier* Mengalami Keterlambatan

Kondisi Bahan Baku dan <i>Supplier</i> Mengalami Keterlambatan			
Strategi	Output <i>Engine</i> Besar	Output <i>Engine</i> Kecil	Total Output
Tanpa Perubahan Strategi (Model Awal)	30	39	69
Peningkatan Efisiensi Pekerja	44	57	101
Pembuatan Waktu Overtime	40	55	95
Penambahan Workstation	43	56	99

Hasil simulasi yang dilakukan selama satu tahun pada kondisi keterlambatan bahan baku dan supplier menunjukkan bahwa strategi peningkatan efisiensi pekerja mampu memberikan output produksi terbesar dibandingkan strategi produksi lainnya. Pada tabel 4.38 akan menjelaskan tentang hasil simulasi yang didapatkan pada kondisi keterlambatan bahan baku dan *supplier*.

Dapat diketahui bahwa strategi terbaik untuk dapat meningkatkan performa remanufaktur pada salah satu perusahaan alat berat adalah strategi peningkatan efisiensi pekerja. Pada strategi tersebut mampu menghasilkan output tertinggi pada masing-masing kondisi. Keadaan lapangan yang sebenarnya juga dapat mendukung strategi ini karena sumber daya utama dalam proses remanufaktur adalah sumber daya manusia. Dengan adanya peningkatan keahlian pekerja, maka perusahaan dapat meningkatkan jumlah produksinya sehingga akan mampu memenuhi permintaan konsumen. Selain itu kelebihan strategi ini dibandingkan strategi lainnya adalah memiliki utilitas yang tinggi. Jika dibandingkan strategi penambahan workstation apabila terjadi permintaan yang rendah maka penambahan workstation akan menjadi sebuah investasi yang tidak efektif karena workstation yang sudah terbangun akan memiliki utilitas yang rendah. Kondisi tersebut tidak terjadi pada peningkatan keahlian pekerja, yang dimana apabila terjadi penurunan permintaan maka tidak akan ada investasi yang tidak efektif karena peningkatan kemampuan dapat digunakan pada setiap kondisi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan terhadap hasil analisis pada bab sebelumnya. Selain kesimpulan, terdapat saran untuk penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan penelitian yang berkaitan dengan simulasi berbasis objek serta penggunaan software plant simulation.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian skripsi “Peningkatan Output Produksi Sistem Remanufaktur Alat Berat Dengan Menggunakan Pemodelan Berbasis Objek” dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Model simulasi remanufaktur yang diperoleh mampu memetakan *engine* besar dan *engine* kecil serta memiliki spesifikasi tingkat output sebesar 69 *engine* dengan karakteristik workstation *main assembly* merupakan workstation dengan penumpukan barang setengah jadi (WIP) dan beban kerja tertinggi dari hasil simulasi.
2. Berdasarkan hasil eksperimen simulasi pada strategi peningkatan efisiensi pekerja, pembuatan waktu overtime dan penambahan workstation yang dilakukan pada kondisi normal, diperoleh hasil output terbaik berupa peningkatan output sebesar 27% dari nilai output awal bernilai 71 *engine* menjadi 102 *engine* dimana terjadi pada strategi produksi peningkatan efisiensi pekerja.
3. Berdasarkan hasil eksperimen simulasi pada strategi peningkatan efisiensi pekerja, pembuatan waktu overtime dan penambahan workstation yang dilakukan pada kondisi keterlambatan bahan baku dan supplier, diperoleh hasil output produksi terbaik berupa peningkatan output sebesar 26% dari nilai output awal bernilai 71 *engine* menjadi 101 *engine* dimana terjadi pada strategi produksi peningkatan efisiensi pekerja..

5.2 Saran

Pada penelitian tentang remanufaktur selanjutnya dapat memperhitungkan peramalan terhadap produk yang kembali dari konsumen untuk memperoleh analisa yang lebih baik terhadap sistem remanufaktur serta kepada peneliti di masa depan yang akan menggunakan software ini sebagai salah satu alat dalam mengerjakan penelitian dengan bertemakan simulasi, disarankan menggunakan fitur-fitur yang terdapat dalam software. Fitur-fitur seperti experiment manager dan kanban tools dapat dimanfaatkan untuk menciptakan sebuah simulasi yang lebih sempurna. Semoga penelitian bermanfaat bagi pembacanya dan memberikan pengetahuan mengenai simulasi yang telah dilakukan.



DAFTAR REFERENSI

- Aksoy,H.K., and Gupta,S.M., (2001). *Capacity and Buffer Trade-Off in Remanufacturing System*. Iris Northeastern University.
- Garrido,J .(2009). *Object Oriented Simulation:A Modeling and Programing Prespective*.Spinger 2009.
- Gomez J.M, Rautenstrauch,C, Nurnberger,A and Kruse,R.(2002). *Neuro-Fuzzy Approach to Forecast Returns of Scrapped Products to Recycling and Remanufacturing*. Institute of Technical and Business Information Systems, Otto-von-Guericke-University Magdeburg.
- Guide Jr., V.D.R.,2000. *Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs*. Journal of Operations Management 18 2000 467–483.
- Ioannou, K and Veshagh,A.(2011). *Managing Sustainability in Product Design and Manufacturing* .Spinger-Verlag Berlin Heidelberg 2011.
- Kibira, D, and McLean,C. (2010). *Modelling and Simulation for Sustainable Manufacturing*. U.S National Institute of Standards and Technology.
- Lembke, R.S.T., and Amato, H. (2001), *Replacement Parts Management: The Value ofInformation*. Journal of Business Logistics, 2001, 22:2, 149-164.
- Nasr, N., Hilton, B., German, R. (2011). *A Framework For Sustainable Production and A Strategic Approach to a Key Enabler: Remanufacturing*. Spinger-Verlag Berlin Heidelberg.
- Qingdi Ke, Zhang H.C,Liu G, and Bingbing Li. (2011). *Remanufacturing Engineering Literature Overview and Future Research Needs*. Spinger-Verlag Berlin Heidelberg.
- Quinn, M.M, Kriebel, D, Geiser, K and Moure-Eraso, R. (1998). Sustainable Production: A Proposed Strategy for The Work Environment. American Journal of Industrial Medicine, Vol 34 ,pp. 297-304.
- Westkamper,E, and Alting,Arndt. (2000). *Life Cycle Management and Assessment: Approaches and Visions Towards Sustainable Manufacturing*. Manufacturing Technology, Vol. 49, No. 2, pp 501-526.

- Xu, B.S., Liu, S.C., and Wang, H.D. (2005). *Developing Remanufacturing Engineering, Constructing Cycle Economy and Building Saving-Oriented Society*, Journal of Central South University of Technology. Vol 12, No: p. 1-6.
- Yamada, T and Ohta, N. (2011). *Modelling and Design for Reuse Inverse Manufacturing Systems with Product Recovery Values*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.



Lampiran 1. Class Diagram

Engine Besar
ID= Engine Besar
Material awal proses remanufaktur

Engine Kecil
ID= Engine Kecil
Material awal proses remanufaktur

Cyliner Head Big
ID= CHBig
Material hasil pembongkaran main disassembly

Cyliner Head Small
ID= CHSML
Material hasil pembongkaran main disassembly

Water Pump Big
ID= WPBig
Material hasil pembongkaran main disassembly

Water Pump Small
ID= WPSML
Material hasil pembongkaran main disassembly

Oil Pump Big
ID= OPBig
Material hasil pembongkaran main disassembly

Oil Pump Small
ID= OPSML
Material hasil pembongkaran main disassembly

Oil Cooler Big
ID= OCBig
Material hasil pembongkaran main disassembly

Oil Cooler Small
ID= OCSML
Material hasil pembongkaran main disassembly

Altenator Big
ID= ALBig
Material hasil pembongkaran main disassembly

Altenator Small
ID= ALSML
Material hasil pembongkaran main disassembly

Stater Motor Big
ID= STBig
Material hasil pembongkaran main disassembly

Stater Motor Small
ID= STSML
Material hasil pembongkaran main disassembly

Turbo Charger Big
ID= TCBig
Material hasil pembongkaran main disassembly

Reuse Part Big
ID= RPEBig
Material hasil pembongkaran main disassembly

Reuse Part Small
ID= RPESML
Material hasil pembongkaran main disassembly

Prewashing Big
ID= PrewashBig
Membersihkan bahan baku yang baru tiba di pabrik

Prewashing Small
ID= PrewashSML
Membersihkan bahan baku yang baru tiba di pabrik

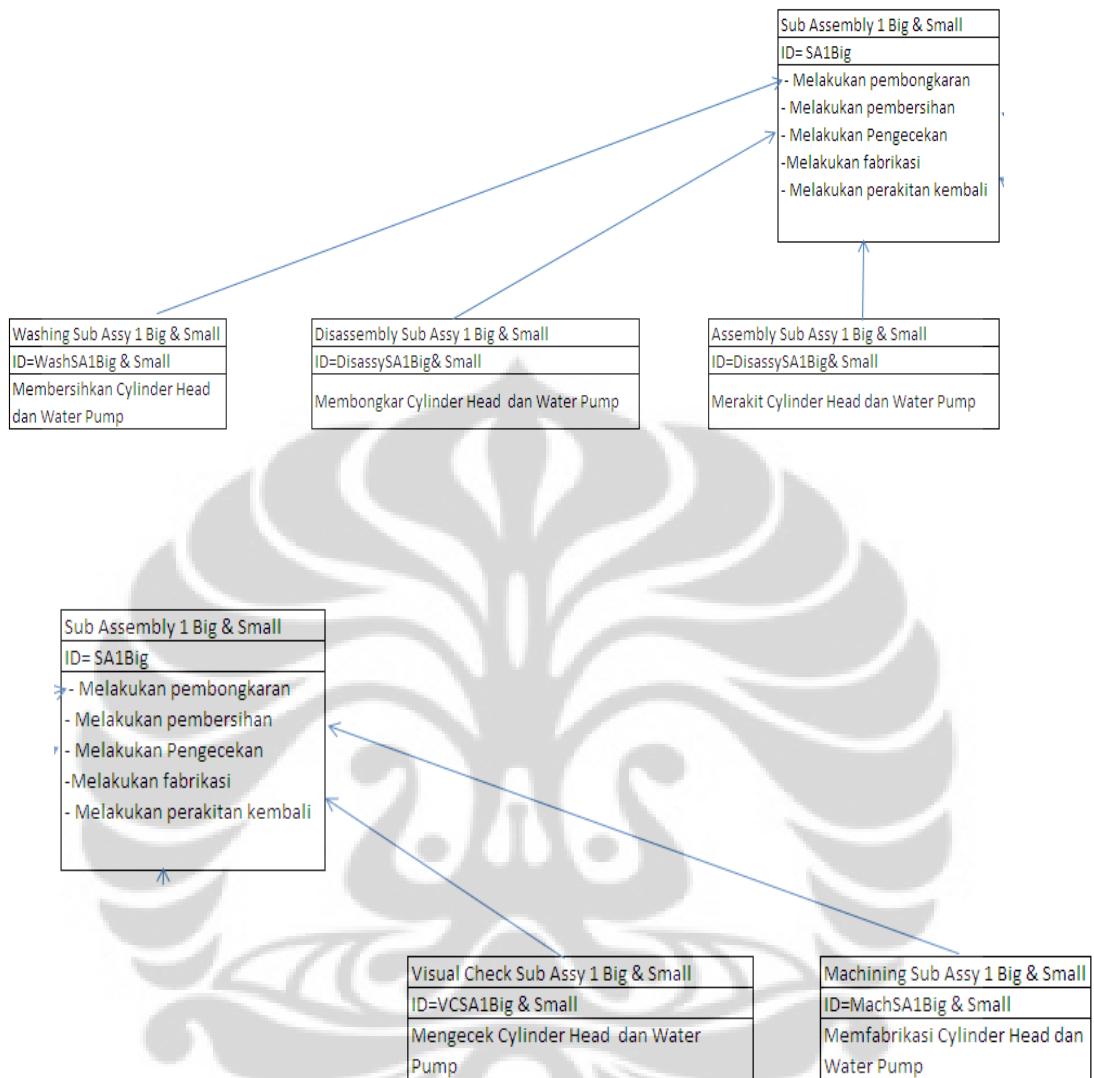
Main Disassembly Big
ID= MaindisassyBig
Membongkar bahan baku setelah dibersihkan

Main Disassembly Small
ID= MaindisassySML
Membongkar bahan baku setelah dibersihkan

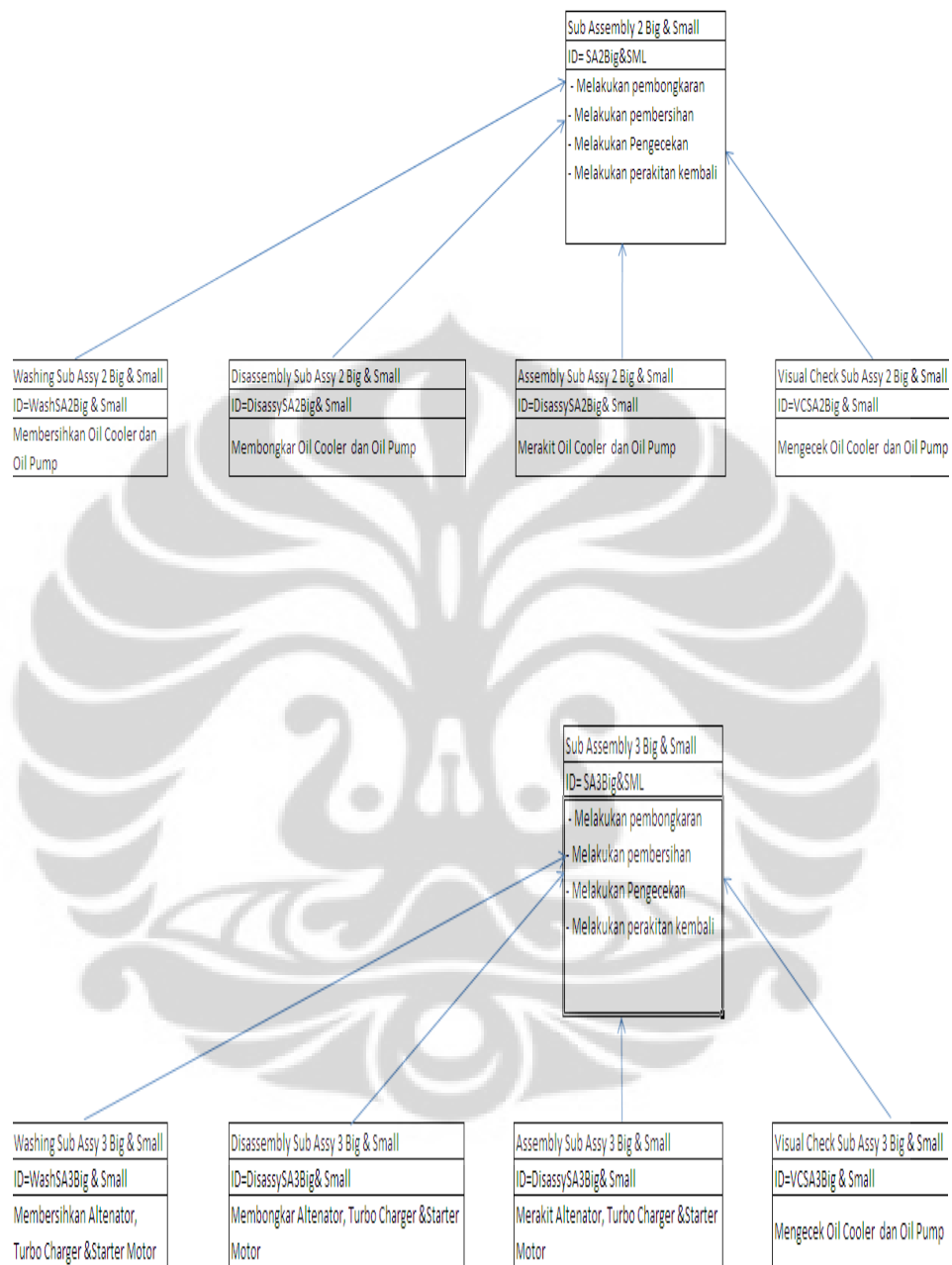
Main Washing Big
ID= MainWashBig
Membersihkan sub part engine setelah dibongkar

Main Washing Small
ID= MainWashSML
Membersihkan sub part engine setelah dibongkar

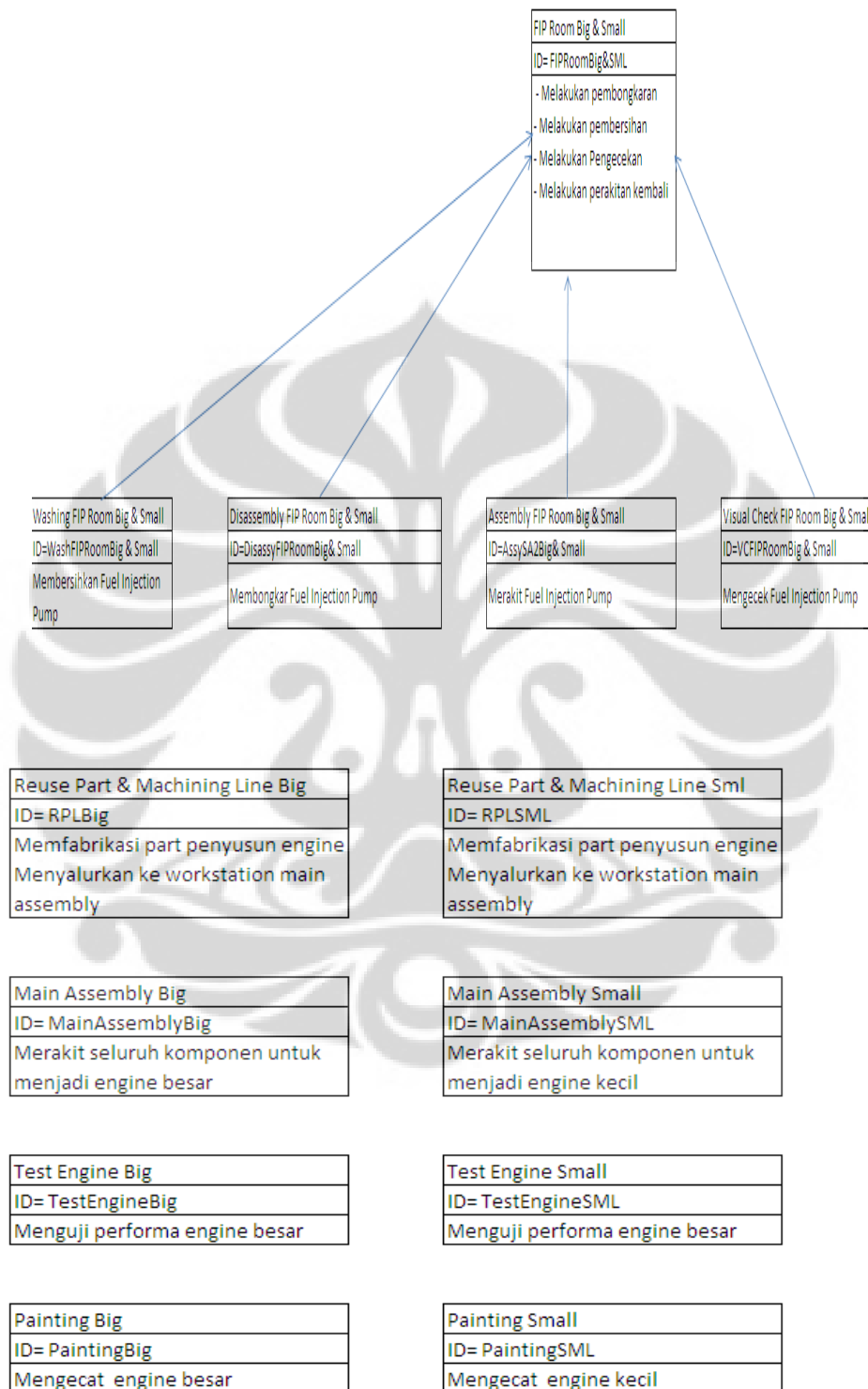
Lampiran 1. Class Diagram (lanjutan)

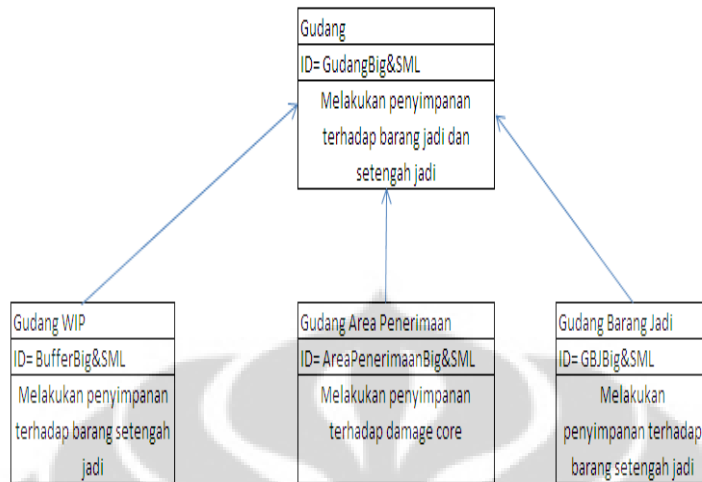


Lampiran 1. Class Diagram (lanjutan)



Lampiran 1. Class Diagram (lanjutan)



Lampiran 1. Class Diagram (lanjutan)

Lampiran 2. Angka Acak

No	Prewashing	Main Dissassy Big	Washing Big	Dissassy SA1 (CH) Big	Washing SA (CH)1 big	Visual Check (CH) SA1 Big	Machining (CH) SA1 Blg	Assembly (CH) SA1 Big	Dissassy WP SA1 big
1	499	37497	28182	30323	34177	3121	24160	28025	9702
2	595	35792	27693	36629	29881	3271	22306	26190	10468
3	498	50474	25762	35972	30087	2896	28703	28471	10397
4	493	52025	27934	32465	30992	3570	23461	26416	9051
5	552	48616	23938	31976	32042	2926	26013	23340	8859
6	574	36218	28391	31665	33067	2767	23660	22606	9165
7	576	48307	23835	34669	38396	2073	23381	24282	10458
8	556	46495	26572	35299	37059	3430	27481	23042	7684
9	547	53462	28527	33077	30997	2954	25774	25855	9837
10	576	34901	24088	34701	32065	3118	23375	28225	9855
11	563	33833	28037	37465	29158	1927	22310	28360	10011
12	516	42301	28513	30769	39203	1907	21817	24761	9293
13	494	30250	28606	32290	33102	1954	26711	23462	7790
14	535	43737	27739	32277	29719	3554	21863	24456	8848
15	571	55705	28516	32756	35212	2584	27803	23752	10585
16	508	52590	23924	37486	37211	2619	26012	28206	9980
17	553	46011	28430	28889	39455	2226	26715	23298	9019
18	500	53488	25070	32800	31610	2008	28343	22107	8647
19	591	52369	27029	31703	33674	3365	23989	25088	7530
20	516	45866	28617	33243	37662	1938	28731	24192	7767
21	493	47073	24989	32888	38071	2365	24915	26766	8633
22	558	31301	27551	29327	34649	2431	27515	21841	10526
23	499	29569	27387	31498	30948	3336	21982	25846	9447
24	529	35007	24707	37749	33514	2647	27798	27918	8338
25	499	31499	25782	36248	31073	2113	25336	23366	8806
26	516	52036	25906	37809	38538	2962	24594	25674	8188
27	539	31143	23857	30738	31463	1985	24934	26975	7248
28	578	41980	23937	30816	31917	2967	21675	24855	8175
29	592	29576	28031	38934	34140	3581	25781	23979	9775
30	506	53838	24406	35172	36514	2773	25091	22320	9289
31	499	53931	27904	32296	37137	2995	27777	28246	7396
32	568	49429	24158	29395	35920	1991	26723	23712	7234
33	523	40459	26458	33019	33475	2074	23966	25865	7383
34	501	36955	24551	33577	38637	2496	27118	23635	8641
35	586	57073	24986	34665	36614	2894	25400	28672	10491
36	587	42689	27174	37648	35319	2288	25772	22616	7679
37	598	57374	27349	32095	38952	2042	21634	21626	9613
38	496	50658	24478	29507	37954	2425	25460	25288	8266
39	522	32752	25040	31465	31496	1828	27955	26343	10265

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Prewashing	Main Dissassy Big	Washing Big	Dissassy SA 1 (CH)Big	Washing SA (CH)1 big	Visual Check (CH) SA 1 Big	Machining (CH) SA1 big	Assembly (CH) SA 1 Big	Dissassy WP SA1 big
40	493	35967	24689	34297	36010	3129	22114	27292	9503
41	489	34405	23893	35145	35519	2645	22523	28134	8528
42	595	49101	25589	38983	33941	3531	27382	24673	7311
43	535	37326	28654	31463	38656	2356	25788	28543	10201
44	575	34796	23803	30923	34223	2206	26459	23222	10027
45	574	36733	28468	32874	29299	2595	23192	23956	8474
46	550	39560	24022	34085	38985	2702	28695	27137	10533
47	600	50702	26153	29565	35211	2186	24030	26804	9766
48	533	56294	23577	39577	30581	2059	28296	25310	8375
49	544	33095	25858	28890	32345	3355	22297	24152	10310
50	597	40746	24111	29190	37591	3272	24221	28298	9882
51	547	47191	24134	37031	34705	3251	28023	23824	9159
52	576	51645	25265	36957	34651	2739	25186	28596	8188
53	509	43044	24539	38617	31473	2879	23359	24000	9632
54	599	38577	26976	36408	38810	2217	25065	24635	8169
55	568	41203	28689	39461	29967	2799	23011	24030	10227
56	493	52511	25208	31317	32979	1989	23224	22064	9141
57	549	51203	26271	31574	31795	2347	25006	25597	9655
58	599	54436	27915	36929	37361	2897	24853	25943	7950
59	525	55013	24418	33990	32853	3585	27352	27023	10551
60	556	46013	26125	30297	31159	2163	24851	24650	9629
61	531	51710	25034	29032	34087	3026	27615	26994	10236
62	500	31891	23599	38182	39127	1821	24317	27288	7703
63	563	50107	26571	31039	28835	2027	26275	23055	8876
64	577	52870	24176	30049	34538	2718	25341	28168	10068
65	543	36691	25349	34609	39270	3117	22401	25774	9659
66	580	29792	27834	29750	38040	2957	24789	26523	7899
67	588	40828	26946	33190	28974	3465	28499	22808	9749
68	584	40606	28056	34277	29476	2467	23221	24226	8382
69	524	37178	25282	33954	33958	1889	23534	25034	10443
70	585	42664	23927	38426	30995	3370	23111	24374	10433
71	490	45990	27542	39319	36006	2515	26712	28123	9264
72	536	39484	26865	37239	39146	3555	27990	25907	8952
73	579	50401	24856	32007	34199	2203	25492	28559	10602
74	510	32062	27412	33547	32273	3223	25056	28372	10039
75	584	33016	25444	29315	33763	1987	25975	24057	8763
76	591	43202	27528	32905	37272	3371	22223	27571	7419
77	563	40919	26374	34254	38274	2657	27025	26042	9533
78	500	32111	25110	29431	36992	2851	24450	23765	7557

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Prewashing	Main Dissassy Big	Washing Big	Dissassy SA 1 (CH)Big	Washing SA (CH)1 big	Visual Check (CH) SA 1 Big	Machining (CH) SA1 big	Assembly (CH) SA 1 Big	Dissassy WP SA1 big
79	506	53821	27377	37970	30268	3019	22021	23541	7260
80	506	42143	26043	33098	29255	1897	27973	28673	7371
81	568	30696	25701	32991	35156	3029	26879	25716	8311
82	583	41098	24026	31043	32835	3333	25003	26960	9080
83	491	30373	26925	39071	35134	3420	24442	27989	8373
84	590	31931	25165	37986	37370	3124	26362	24596	9931
85	575	52794	25861	34485	35309	1955	22551	28179	9420
86	531	48959	28231	33773	29887	2934	22690	24222	7652
87	547	49081	28709	37162	33454	2716	27466	23547	8848
88	491	54127	25751	31051	35148	2486	26303	21800	7318
89	488	41341	25396	36304	37707	3120	24739	24964	8033
90	570	46719	23788	33346	39312	3471	23357	28044	10554
91	498	45143	26727	39530	34154	2819	27728	27840	8252
92	518	53989	24238	35788	30895	2522	23947	22913	9143
93	540	49719	28253	39506	39486	2771	21707	26659	9655
94	514	47175	23816	35691	31793	2275	25412	26722	7318
95	532	50289	28273	39509	39006	1911	25982	25387	10647
96	597	51304	27472	30733	33087	2046	26375	22612	9671
97	527	54172	27211	29223	36137	2002	22166	24383	10598
98	598	47971	24268	28943	33441	3315	22119	24392	7281
99	575	54349	24756	36790	29581	3217	25511	28025	10477
100	547	51963	27756	33221	30203	3088	22166	22646	7852
101	490	41454	25917	36938	32823	2255	24742	24192	7649
102	492	45565	27704	30849	31796	2802	24442	26537	10524
103	595	50669	27599	31734	30576	1829	27990	24452	7743
104	555	54520	23981	37994	32447	3538	26850	28060	9229
105	493	31856	26665	35417	34398	3546	23995	27536	10455
106	489	34881	27918	35777	32815	3220	27751	27240	7240
107	599	46783	24686	31507	29370	3341	22931	27835	8771
108	490	34576	23413	38167	34597	2813	22973	23033	7718
109	493	46148	26794	37450	32586	1895	22556	22978	7873
110	505	29711	24994	32753	32120	3491	25503	27290	8929
111	536	49791	27761	33722	37313	2869	28160	26477	8861
112	532	29344	26728	35121	32744	2845	27224	26616	10638
113	530	47613	24855	39490	38390	3119	27202	28781	8457
114	533	57440	28315	38914	37597	2763	25091	25216	8840
115	552	53833	28530	32050	37170	2442	22806	26549	9475
116	498	29211	28279	32118	37568	2404	24259	24138	9213
117	515	42595	26311	32841	37996	2873	22584	27406	8868

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Prewashing	Main Dissassy Big	Washing Big	Dissassy SA 1 (CH)Big	Washing SA (CH)1 big	Visual Check (CH) SA 1 Big	Machining (CH) SA1 big	Assembly (CH) SA 1 Big	Dissassy WP SA1 big
118	556	44490	28366	38136	29006	3016	28156	24534	9668
119	585	35789	24399	34746	35308	2375	25789	27658	10077
120	527	51718	23494	30289	36070	2766	25511	25980	8869
121	500	54262	26331	30127	30573	2055	24800	25025	7833
122	572	44922	24751	33135	33883	2049	27322	21750	8349
123	575	38103	24415	37866	28866	3382	24763	27661	8193
124	585	29655	28287	36753	33485	3398	27305	28434	10111
125	519	51318	26177	29175	37942	2209	27537	28256	8412
126	577	38754	24818	37168	38900	1885	27602	25418	8094
127	483	42031	27358	37533	37802	3262	25633	25291	7871
128	598	39651	27118	33682	29485	2975	26920	28764	10015
129	520	43460	26635	31802	33839	2333	22567	22841	7298
130	493	49476	23721	29859	29245	1865	23351	22850	10183
131	600	32253	26519	34155	34822	3564	26998	27798	8882
132	521	42214	24072	30834	35770	3532	26822	27320	9984
133	587	45746	26583	37735	32486	2885	28433	22261	8067
134	589	50150	28557	29134	32714	2763	25863	24169	9686
135	592	30297	25581	32617	35029	1875	24691	26464	9101
136	532	56166	26458	30995	34105	1880	23529	23505	9196
137	592	45422	27668	39023	34183	3150	24943	22773	9346
138	521	40921	25794	37914	33676	1806	23400	22593	10638
139	568	41930	26197	29156	36845	2387	24463	26840	9274
140	549	35048	27091	31883	36771	3588	28294	24460	9791
141	595	35888	27479	30842	31161	2245	28584	28193	7446
142	501	31100	27330	38066	38108	1960	22279	24346	9231
143	573	53427	28615	32680	37301	2073	24826	28745	8123
144	560	29240	26487	34437	33574	2300	24182	22099	10391
145	527	44500	27548	35929	29045	3488	25444	25940	7769
146	543	30169	26716	38216	33114	3138	27955	25792	8008
147	519	46867	26842	33114	33028	2001	24039	24600	9426
148	535	55312	26472	29938	39564	2284	25392	25179	9761
149	486	57474	24450	29559	33879	2769	27862	23882	9549
150	492	46241	23936	36521	32317	2303	22526	26095	8516

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Washing WP SA 1 Big	Visual Check WP SA 1 Big	Assy WP SA 1 Big	Dissassy OP SA 1 Big	Washing OP SA 1 Big	Visual Check OP SA 1 Big	Assembly OP SA 1 Big	Dissassy OC SA 2 Big	Washing OC SA 2 Big
1	7185	3334	27999	6021	3413	3062	5085	7083	1932
2	5839	2342	22505	6410	3575	2390	5573	3948	3598
3	4541	2540	27460	6154	2273	1849	4500	4253	2096
4	4359	2247	27465	6414	2024	2802	4167	4215	1906
5	3628	3561	27553	6186	2570	2513	5347	5065	1985
6	6512	2301	22080	7110	1995	3462	4919	6627	2104
7	4673	2384	25279	5397	1850	2733	3829	4051	2223
8	6535	3054	22986	4381	2427	2111	4859	5144	3129
9	4444	2442	22135	4917	2076	2672	5650	3881	3280
10	6984	2427	27091	6951	2655	2887	3835	5844	2247
11	4209	2921	25278	5228	2929	2648	4043	5681	3551
12	6470	2303	23671	7076	3484	3391	6165	4507	2641
13	5750	2588	25919	6686	2606	3335	4613	6700	3155
14	5022	2253	28020	6754	1976	2492	6714	4208	3523
15	3718	2518	22615	6814	2810	2659	5246	4541	2902
16	4427	2904	24508	7163	3555	2510	4541	3689	3031
17	3673	1970	27810	3942	2927	3226	5479	6883	2788
18	5958	3346	23894	5118	2793	2392	3736	4856	2687
19	4255	2491	27812	5853	3026	2431	6845	6566	3572
20	6133	1973	26763	3773	3475	1807	4822	5610	2749
21	4260	2257	25106	6968	2780	3314	4727	5280	2156
22	5747	2495	23946	5500	3364	3127	5673	5883	2808
23	6369	1880	26790	6956	2242	2575	5182	7019	2184
24	5191	1942	23066	4813	2410	2106	4914	3918	3430
25	4843	2185	23892	5596	3475	2519	4000	5802	3214
26	4231	2501	24171	6736	3477	2564	6076	5821	2797
27	4948	2378	23407	4023	3018	3595	4076	4139	2754
28	3775	2578	28650	4894	2179	3347	6140	4991	1995
29	4405	3314	25228	5450	3286	3006	5767	4885	2196
30	3940	1815	21986	6595	3262	2314	6587	5223	2525
31	5889	2633	27575	4240	2818	2019	4672	5484	2908
32	3610	2392	28015	4940	3439	2839	4237	3813	3161
33	4649	1918	24773	7107	2390	2839	3927	7047	3571
34	4843	3574	28096	6433	3096	2253	5265	4750	2535
35	3669	2202	25032	6561	3287	3098	5149	6809	2819
36	6288	1976	25724	5851	3042	2351	4179	4594	1932
37	6839	3337	23583	5601	3492	2722	6710	5636	2997
38	6635	3028	25298	5676	2835	2292	5773	6090	3148
39	5891	3095	21750	6048	2634	2452	7066	3640	1899

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Washing WP SA 1 Big	Visual Check WP SA 1 Big	Assy WP SA 1 Big	Dissassy OP SA 1 Big	Washing OP SA 1 Big	Visual Check OP SA 1 Big	Assembly OP SA 1 Big	Dissassy OC SA 2 Big	Washing OC SA 2 Big
40	6761	1829	24350	4916	3341	1839	3632	5540	3419
41	5824	3315	24810	5599	3486	2812	4528	7111	2284
42	4316	2653	28604	4496	2210	2103	7045	6944	2996
43	6438	3549	28328	3995	3579	3522	3870	4763	1889
44	4766	2940	23898	5658	2468	3302	6309	5407	3035
45	6343	3161	22073	5698	2084	3536	6289	7091	3298
46	6933	3549	21987	5516	1925	3556	3605	4463	1921
47	4607	2402	26646	3913	3052	1818	6537	4393	3357
48	5466	2710	27278	5657	2895	3584	4182	6336	3443
49	3622	3493	28459	6481	1839	2471	4752	5990	3327
50	5376	2725	24546	5595	2817	2211	6614	4597	2435
51	3602	3224	26992	6979	1849	2887	5377	6236	2415
52	4439	3255	23388	5602	3222	2670	3839	5386	1815
53	6991	3173	24570	7127	2617	2522	5394	5433	2975
54	4212	2067	23823	4913	2081	2451	7195	4048	1939
55	4964	3452	24849	3740	3516	2198	4639	5432	2156
56	6097	3196	24571	6908	1873	3517	4010	3840	2412
57	4352	2228	22812	5686	2796	2618	5592	4033	1816
58	5574	2007	28794	4056	3179	3062	6371	6101	1816
59	4083	2800	25675	4388	2309	1940	6780	4949	2331
60	6562	1806	27322	3773	2614	2398	4817	5816	3063
61	5352	2434	21856	5413	3423	2002	4193	5042	2144
62	6288	3096	22474	5179	2404	1894	5557	5796	2761
63	5095	2518	26826	4952	2345	3264	4507	5501	2938
64	4921	3534	22131	6567	3149	3129	5078	5998	2598
65	3847	2825	25881	6016	2744	3060	5163	6550	2783
66	6398	3596	26194	5660	3253	3266	5418	5278	2692
67	6939	2742	25598	3968	3579	2398	6178	4711	2674
68	3972	2374	25770	4244	2853	2236	4483	5345	3275
69	4811	1906	24998	6955	2965	3097	4850	4027	2386
70	4289	2303	23166	4932	3309	2965	6364	4488	2579
71	4354	2261	23770	4542	2615	2723	5953	4940	2083
72	4785	3514	24388	5961	3556	2221	5448	7089	3498
73	5931	3247	27068	3614	2261	3580	7134	6651	3121
74	4730	2968	22864	6615	3001	3062	5839	4651	2825
75	7158	2588	25108	4706	2447	2170	6901	4713	1815
76	4902	3104	25195	5368	2141	2933	6070	6016	3191
77	5787	2505	22705	6321	2365	2396	6575	4406	2472
78	3711	3492	27434	7121	2584	2948	4145	6791	2836

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Washing WP SA 1 Big	Visual Check WP SA 1 Big	Assy WP SA 1 Big	Dissassy OP SA 1 Big	Washing OP SA 1 Big	Visual Check OP SA 1 Big	Assembly OP SA 1 Big	Dissassy OC SA 2 Big	Washing OC SA 2 Big
79	7161	2301	25271	4778	3248	1830	6238	3680	2149
80	6345	2072	23342	4130	3443	1986	4658	4351	2012
81	6874	2494	27862	5768	3415	1853	3774	3606	3123
82	6688	3459	23526	6237	2770	2096	4340	6894	2672
83	6780	3519	21741	6806	2270	3204	4720	5462	3532
84	6048	3484	24437	5031	2648	2836	4978	3909	2784
85	6947	1851	26267	5705	1858	3129	5367	3820	2914
86	7046	2987	23902	4890	2017	1899	5584	6164	2111
87	5176	2901	22315	7055	3591	1960	4068	5644	2104
88	6584	2054	24822	5392	2483	2770	6853	6700	2106
89	5176	2021	27894	4610	3291	3460	6809	6853	2488
90	4716	3273	27303	6923	2790	2501	6884	7193	2720
91	5264	2233	27460	5201	2190	2923	4683	4508	2803
92	3867	2935	25397	6337	3498	2675	5826	6280	2606
93	6078	2198	22370	5027	2803	1859	3765	6549	2594
94	4943	2221	21827	4185	2109	2634	6463	3737	2130
95	3915	2532	28303	4902	3424	3297	6186	6284	3084
96	6467	2321	23137	5471	2104	2198	7121	6813	1917
97	5693	2980	25198	6647	2259	1851	5396	4177	2033
98	4612	2806	22930	7092	2661	3153	5911	4770	2486
99	5052	2222	26960	4971	2036	2064	5313	4862	2002
100	6168	2265	24151	6607	2056	2943	5875	5417	2083
101	4639	3126	23335	3772	2664	3318	6578	7137	2095
102	4833	2983	24201	6359	2707	2475	6726	4789	2638
103	4047	2604	23699	5988	3257	3413	5379	5476	1973
104	6936	3194	24313	4370	2553	3065	7008	5547	3446
105	6080	2006	26008	7166	1885	2972	5792	3677	3463
106	5884	3325	22438	5484	3482	3177	6854	6325	2958
107	6839	3387	25212	4623	1855	1988	3843	4877	1814
108	5147	2469	21790	3618	3195	2995	5542	6550	3251
109	5804	2264	23966	4379	3302	2415	6350	4767	3498
110	6227	2402	25468	5082	2349	2843	5374	3910	2999
111	5079	1841	23147	6073	1898	3367	4357	3791	2599
112	4170	3206	23979	4333	2765	2417	3671	6602	2040
113	5509	2169	23302	7027	1901	3458	6189	3677	2479
114	6505	1919	28232	4549	2531	2322	6803	5893	2005
115	6222	3443	28007	6737	2905	2336	6478	3976	3258
116	5536	2110	22053	4312	2791	1841	6152	4824	2974
117	6991	2910	23182	5671	2370	2513	3971	5081	3535

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Washing WP SA 1 Big	Visual Check WP SA 1 Big	Assy WP SA 1 Big	Dissassy OP SA 1 Big	Washing OP SA 1 Big	Visual Check OP SA 1 Big	Assembly OP SA 1 Big	Dissassy OC SA 2 Big	Washing OC SA 2 Big
118	6889	2604	22775	5365	2998	3340	4594	6819	3274
119	4237	2153	28426	6317	3048	3394	7052	5697	3349
120	6725	1983	25989	4746	1870	2482	4508	4683	2599
121	4243	2402	21824	5634	2794	2104	3705	6914	2467
122	4036	2267	26259	7196	1856	3515	7158	4439	3046
123	7160	3191	27438	5809	2466	2591	3994	5109	3515
124	4326	3304	23549	7068	2292	1812	5127	3726	1834
125	4269	3261	28087	3879	3046	1879	5105	3960	3499
126	4234	3268	24512	3875	1931	1956	5128	5530	2573
127	4062	2509	27725	5517	2435	2506	6854	5584	3505
128	4927	2392	23530	4494	2768	3550	5831	5183	3236
129	4600	2001	22204	4097	2585	2556	3943	5832	3422
130	3709	3350	25382	3762	2138	3517	4899	4418	2170
131	3854	3161	26592	5634	2049	2146	3882	5650	2356
132	4270	2330	22632	6006	2824	2424	5338	6845	2772
133	4059	2462	22718	4286	3414	3172	4955	5536	3379
134	4293	2797	24655	4918	3128	2659	4435	3749	2558
135	3678	1881	23812	4725	2130	2749	4299	4595	3138
136	4758	2516	23097	5076	2676	2666	4007	3667	1825
137	5501	2493	24460	7127	2697	2153	3917	6478	1802
138	4859	3326	25513	6211	3207	3323	4433	6899	1827
139	3630	3499	25138	6395	3062	2727	7144	4194	3310
140	5476	2731	22073	6273	2339	2052	5324	3897	2380
141	6222	3316	28543	6520	3125	3588	4624	4872	2328
142	4996	3059	25485	4004	2925	2449	6202	3791	3155
143	6624	2486	22190	4078	3200	3383	4135	5152	3470
144	5306	2165	26601	5506	2589	2417	5849	4635	3278
145	4024	3409	27455	6641	2606	2573	3900	5765	2096
146	6286	2098	28239	5188	3344	2963	5658	5869	2608
147	5891	2476	24447	5255	3123	2734	6805	6728	3387
148	6907	2542	22659	4714	2800	3462	4276	4511	3303
149	4225	2205	23708	4280	2351	2820	5496	6553	2448
150	4279	3443	26543	6830	3312	3048	4577	6907	1831

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Visual Check OC SA 2 Big	Assy OC SA 2 Big	Dissassy AL SA 3 Big	Washing AL SA 3 Big	Visual Check AL SA 3 Big	Assmby AL SA 3 Big	Dissassy SM SA 3 Big	Washing SM SA 3 Big	Visual Check SM SA 3 Big
1	3198	5598	9989	4034	2885	8573	7218	6984	2568
2	2686	4989	8127	3879	3076	9313	7390	4950	1976
3	2983	7099	7632	4484	1986	7753	9448	5350	3514
4	2076	6137	9391	3612	3014	9985	8391	5098	2421
5	2844	6161	10083	5903	1869	10582	10570	4175	2443
6	3363	4106	8979	5849	2956	8525	8065	7151	3557
7	2364	5573	9352	4199	3582	7417	8859	6879	2264
8	1856	5086	9065	5436	2623	7471	9409	6906	2239
9	3550	7140	7536	6599	2778	10015	9565	5614	3045
10	3040	3759	10407	4757	3061	8284	10044	5698	2735
11	1849	4125	8801	4172	3471	10346	9083	6587	2445
12	1976	6555	7831	5488	2175	7944	7495	5337	3083
13	3551	4154	7598	6331	3583	9060	10358	6086	2526
14	2864	4839	8172	5621	2238	10580	10564	4056	2507
15	2688	5785	9698	3771	3023	9324	9929	6192	1938
16	2499	4716	8179	4045	2631	10005	7405	4372	2855
17	2441	4699	9008	6044	2442	10411	7241	6520	1992
18	2052	6078	8521	6407	2880	8406	9193	6421	2887
19	2307	6273	10239	6889	2649	9636	9414	4659	3255
20	3409	4015	7248	7136	2920	8077	10117	5204	2341
21	3204	5686	8597	5849	3022	9222	9222	5109	1990
22	3330	3825	10313	6883	2333	8434	9721	4637	1806
23	3502	4029	8575	5273	1890	9537	9622	6979	2920
24	3337	4787	8825	6198	2032	10644	7551	6378	2638
25	3383	5385	10161	4844	2932	9404	8171	5960	2904
26	3104	6331	10501	5222	3556	7395	7568	6477	3009
27	2254	4926	8916	6699	2870	7347	10796	4475	2814
28	2803	5818	7733	5025	2433	10012	10489	4378	2969
29	1996	5452	10076	4308	2568	9560	9898	6804	2941
30	3375	7099	7879	6347	2053	10073	7566	7170	2778
31	2355	5812	8824	7110	2127	8672	9059	3723	3560
32	3103	4198	7500	3865	3572	7237	7756	4353	3477
33	3172	3901	7329	6257	2824	9565	9336	5607	2718
34	2303	4304	9364	6657	1861	10657	8097	4212	2808
35	2562	5634	7392	5896	2851	7598	9035	6210	2690
36	2793	6040	7988	5049	1923	9198	10171	4397	1848
37	2041	7179	8996	5208	3346	8325	8512	5779	3310
38	2877	6708	8242	4170	2279	7723	10504	6635	3543
39	3214	6882	7348	4807	2593	7237	9763	6552	1850

Lampiran 2. Angka Acak (lampiran)

No	Visual Check OC SA 2 Big	Assy OC SA 2 Big	Dissassy AL SA 3 Big	Washing AL SA 3 Big	Visual Check AL SA 3 Big	Assmby AL SA 3 Big	Dissassy SM SA 3 Big	Washing SM SA 3 Big	Visual Check SM SA 3 Big
40	2736	6528	10514	6148	1924	10421	9884	6724	3140
41	2473	5454	9743	3780	3160	10004	8644	5975	2340
42	3442	5900	7408	6574	3461	9979	9394	5764	1892
43	3502	4761	8321	5157	3436	10721	9479	4294	3122
44	2547	6491	8536	5935	3174	10442	9669	5161	2661
45	2621	5556	7372	6543	3393	8651	8475	7102	2218
46	3206	7157	9123	6693	2617	8548	7409	6500	2544
47	3373	4735	9038	5314	2077	9504	7962	6337	3092
48	2716	6888	9265	6459	3350	10731	8868	5359	1817
49	1871	5237	7690	4768	2869	9187	9873	6227	2996
50	1898	7081	7722	6123	3575	10415	9876	5277	3568
51	2617	5589	10652	6064	3191	8472	8942	7033	3102
52	2374	5786	7978	5380	2391	8015	8126	7198	2714
53	2623	3658	8042	6418	3016	9566	9847	4205	1893
54	2130	6145	10484	6120	2906	7468	8736	7161	3343
55	3531	4507	8792	4772	2972	9497	9697	4595	1881
56	1807	4252	10459	5758	2154	7498	7564	6229	3196
57	3431	6843	10226	6811	2495	9749	8177	5984	3358
58	3287	3845	9967	4609	3466	8507	7846	4442	3412
59	2843	7039	9244	3871	3338	9977	8965	6855	2315
60	1959	5890	8556	5886	1953	9837	9839	4533	2311
61	2899	4565	10306	4566	2496	8193	8213	7069	1849
62	1965	4669	10686	4546	3291	10607	9989	3688	1839
63	1979	7073	9676	5706	2176	8444	10480	4231	3318
64	3122	5482	8925	5213	2758	8712	8978	4885	2156
65	3586	4435	10679	5665	2211	8935	9118	5567	2243
66	2037	4170	8034	4935	2286	8508	8747	5948	2438
67	1908	4065	8638	5205	2523	8109	9536	6394	2108
68	2057	5222	10590	5532	2544	10373	8056	4945	2779
69	2499	4350	8945	5112	3473	9881	8881	6218	3524
70	1985	4506	9022	5714	2204	9997	8591	6508	2916
71	2325	7044	9354	6707	2279	7358	8689	6871	2710
72	3067	4761	7909	5989	2587	9799	7438	5682	3046
73	2667	4441	8554	5762	1939	10708	7347	4654	3045
74	2567	6166	8331	5694	3479	7723	8178	4222	3111
75	2328	5302	9074	6268	2698	8728	10281	6850	2388
76	3300	5366	8832	4384	3095	7867	8374	5647	3220
77	2669	5042	9186	5249	2415	7545	10411	4974	2849
78	2642	6061	9751	5162	3338	9582	8532	4666	3270

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Visual Check OC SA 2 Big	Assy OC SA 2 Big	Dissassy AL SA 3 Big	Washing AL SA 3 Big	Visual Check AL SA 3 Big	Assmby AL SA 3 Big	Dissassy SM SA 3 Big	Washing SM SA 3 Big	Visual Check SM SA 3 Big
79	2999	7038	10015	6097	2273	10447	10661	6863	3309
80	3280	6342	8773	4177	3568	8990	9310	5823	2949
81	2862	5498	7725	5101	2514	9502	9541	5718	3344
82	2268	3940	9251	4529	2854	9468	8074	5184	2509
83	1808	4317	9934	3978	2389	9907	8651	5347	3377
84	2649	3838	7841	5602	2921	8345	8122	3896	3393
85	1802	6616	8599	6228	3292	7812	9880	5578	2064
86	3326	4058	8025	5029	1846	7624	8260	6820	2915
87	3064	6686	9667	3974	2180	9536	10554	4703	3398
88	2370	6552	7764	6550	1859	10324	7867	4749	2308
89	1817	7097	8051	6221	1977	8073	8114	5474	3445
90	3564	4509	8796	6452	3476	10069	9458	4253	2760
91	2848	5717	7215	3909	2230	10599	10771	5843	2255
92	2802	4386	8016	5916	3467	9223	7431	6640	2041
93	3322	4514	10119	4786	2080	9054	9054	5405	1984
94	2840	7134	10265	6246	2967	7619	10379	5874	2511
95	2558	5806	7463	6200	3481	7872	9134	6618	2131
96	2142	4017	10649	5862	1834	8602	9080	4221	2677
97	3322	3809	7253	6504	3369	8227	9428	6723	1996
98	1953	5933	8246	6678	2041	10019	10277	4180	1961
99	1814	6161	9992	6398	1906	10197	10369	4013	2995
100	2866	3708	9111	7171	2797	8458	8957	4956	1965
101	2606	3614	10663	4176	1918	8181	9869	6940	2664
102	2230	5620	8794	6271	3083	8598	7781	4061	3523
103	2615	7053	10348	4912	3375	7611	9250	4319	3253
104	1834	6585	8900	6505	1953	9348	8486	6967	2419
105	2535	5472	7631	7072	3565	8946	9776	6821	2970
106	2099	5871	8090	6385	2337	9358	9888	6113	2739
107	2108	5558	9054	5552	2341	7251	9280	5206	2223
108	3496	4804	9027	5746	3141	8691	8506	6198	2088
109	1865	6240	7603	5319	2525	8066	8412	4742	2186
110	2009	4034	9047	7178	2431	8714	10271	4555	1820
111	2756	4564	7234	5742	2813	8819	7658	5266	2831
112	1926	6412	9363	3841	2393	8491	9175	6392	3157
113	3055	5181	10361	3780	2605	10481	10236	4349	1855
114	2728	4136	10007	4955	2141	10631	7751	4072	1820
115	2750	3729	9845	5036	2299	8408	10364	3817	3437
116	2892	5854	8248	6810	2557	9997	10429	7117	3552
117	2561	5109	9648	3680	2599	9971	9367	5459	3141

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Visual Check OC SA 2 Big	Assy OC SA 2 Big	Dissassy AL SA 3 Big	Washing AL SA 3 Big	Visual Check AL SA 3 Big	Assmby AL SA 3 Big	Dissassy SM SA 3 Big	Washing SM SA 3 Big	Visual Check SM SA 3 Big
118	2273	4916	7654	3750	3353	9502	8086	4422	3262
119	1998	5513	10176	6245	2856	7314	9906	6454	3192
120	2100	5703	9047	4365	3174	9263	8940	4749	3343
121	2096	6295	9017	7105	2521	10048	7855	6259	2917
122	3028	3656	7697	6282	2222	9876	8356	6534	2511
123	3347	3957	10494	4451	2145	8818	10393	5382	2641
124	3537	4720	8848	5601	3508	10773	7342	5803	2556
125	2686	5603	9748	5534	2454	8696	8107	4323	3555
126	2846	4506	10731	4815	1928	7279	8845	4165	2187
127	2832	4564	8497	3692	2731	7429	9670	3632	2856
128	2544	4789	10733	6206	1918	7795	8732	6561	1952
129	3047	5863	8557	5643	2979	8579	9958	4096	2479
130	2249	6577	9714	4091	3055	8064	9331	4251	2225
131	3008	6612	10202	3811	2196	8539	8054	4762	3474
132	2092	6552	9863	4571	2035	8397	9898	6172	3554
133	1891	5806	8196	6960	3062	7727	10775	5133	2906
134	3262	4225	8546	5536	2225	7630	7656	4205	2014
135	2632	4311	10344	6423	2411	7990	8702	6312	2501
136	1809	5490	8550	4337	2289	7753	8333	5320	2178
137	3529	7084	7568	6369	3107	8749	7494	5675	1991
138	2984	6794	7338	5098	3048	8770	10215	5043	1848
139	2779	5766	7794	5670	1822	9555	7903	6364	2979
140	3569	3959	10580	4071	2894	10526	8174	4332	2059
141	3300	4003	8279	5607	2113	10019	10760	4129	2042
142	2197	6372	7956	6287	2610	8917	7274	6024	1987
143	2001	4481	10335	4733	3424	8764	9263	3864	2600
144	1974	4238	8778	4759	2765	7767	8824	6617	2571
145	2156	4534	7745	5770	3382	9724	9875	4968	3570
146	2441	4423	9801	5086	2096	8148	10139	4357	2086
147	3076	6952	8349	6399	3336	7675	10085	6019	2184
148	2888	4550	8181	4493	1816	7295	8861	6828	2097
149	2506	4857	7211	4282	3278	8813	8480	5891	2154
150	2313	3690	9003	5695	2640	9534	8664	6536	2267

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Assmby SM SA 3 Big	Dissassy TC SA 3 Big	Washing TC SA 3 Big	Visual Check TC SA 3 Big	Assy TC SA 3 Big	Dissassy FIP room	Washing FIP Big	Visual Check FIP Big	Assmby FIP Big
1	9299	8282	9920	2906	18424	8692	28029	1929	18582
2	8639	8643	11782	2749	18640	10110	25700	3477	19229
3	9635	10142	10871	2520	18489	7789	28453	2027	19723
4	8783	7511	10160	3193	18945	8166	28680	2468	18305
5	10542	8402	9716	1856	19316	8827	27926	3231	18065
6	7744	10136	10837	2291	19562	8103	25530	2382	19741
7	9984	8940	12090	3436	19746	8320	25556	2528	19061
8	9477	7656	10404	3020	18408	10351	27379	1864	19600
9	9229	7894	11607	3417	18218	8045	27879	1938	18819
10	8576	8480	9265	2346	19558	7816	26218	1961	19504
11	9648	7706	11806	2165	18520	10472	28448	2910	18982
12	7728	7318	10773	2172	19570	7869	26029	2328	18221
13	9199	7416	10814	1904	19771	9264	27122	3365	19629
14	8380	10251	9763	3292	18924	7778	28464	2484	18695
15	9497	10504	10653	1801	18629	10424	25546	2041	18221
16	7307	9862	11644	2960	19319	9997	26122	2649	19141
17	8518	8970	11927	2474	18747	8453	28635	2706	18600
18	9945	9221	10123	2293	18073	9144	26463	2922	18116
19	8741	9124	10793	1965	18937	8220	25217	3138	19627
20	8738	9592	12508	1845	18802	8450	26188	2711	19624
21	9939	9846	12128	3349	18946	9221	26411	2986	18157
22	8625	9271	11813	2454	18815	7927	28736	2790	19754
23	8053	10624	12244	3081	18832	7627	26783	2111	19339
24	7837	7251	11520	2139	18607	9690	26529	2494	19343
25	9675	10139	9714	2653	18234	8455	25409	2976	19409
26	9483	8276	12110	2983	19618	8648	26411	2354	18633
27	9766	8309	12418	3505	18254	9390	26868	2413	18763
28	8831	7998	11639	1992	18540	7672	26968	2680	18861
29	9462	8487	9617	3238	18381	9195	28520	2502	18302
30	8691	9554	10634	3343	19652	9009	26876	2935	18043
31	10773	7929	10373	2309	18646	8909	27192	3055	18643
32	7248	10307	10636	2728	19100	7957	28566	3471	19549
33	7859	10201	11666	2593	19606	7952	26222	3253	18363
34	9230	10523	10310	2888	18207	10211	28599	3258	18687
35	7618	10301	12576	3542	18415	7462	27605	2359	18300
36	9544	10033	10421	2943	18716	8081	27346	3051	18648
37	7839	10448	10415	2624	19238	8365	25822	1862	19070
38	9812	9158	12062	2408	19286	9997	28707	3017	18672
39	9687	7613	9240	1962	18581	8302	26496	1811	18290

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Assmby SM SA 3 Big	Dissassy TC SA 3 Big	Washing TC SA 3 Big	Visual Check TC SA 3 Big	Assy TC SA 3 Big	Dissassy FIP room	Washing FIP Big	Visual Check FIP Big	Assmby FIP Big
40	7736	9822	9461	3331	19701	8622	26309	2577	19175
41	8291	9596	10049	1976	18438	10498	28680	1827	19598
42	10296	8610	10726	3392	18739	7549	27057	2358	18201
43	9559	8560	10782	2102	18570	9820	25247	3175	18334
44	7490	7548	9955	3346	19394	9105	25221	2778	19642
45	9507	7744	11935	1960	18779	9530	25892	2839	18789
46	7232	9955	10587	2691	18881	7941	25783	3301	18303
47	8636	10527	11153	2042	19260	10007	25642	3500	18213
48	8189	7626	12492	2026	19735	7944	25738	3269	18644
49	8181	10643	9641	3349	18426	7874	28173	2205	19614
50	10677	8939	9018	2709	19568	9173	25295	1968	18015
51	9224	10470	9504	1840	18964	7985	27380	2824	18897
52	9133	10296	12599	3167	18020	9693	26495	2367	18547
53	10024	10263	9026	2194	18625	7573	26040	1880	18345
54	7682	10013	11755	2754	18252	7515	27480	3325	19740
55	8362	9486	12031	2644	18194	9264	28565	2638	19112
56	8514	7858	12057	3349	18560	8102	28155	2860	18033
57	10111	9721	9623	2305	19715	7766	27250	3530	19052
58	7245	7704	10926	2446	18634	8120	27707	3292	19179
59	9442	9504	11717	2569	18397	7368	26047	3294	18234
60	10621	9471	11944	2403	19128	8519	28369	2603	19532
61	8315	9099	9665	2294	18467	9151	27558	3326	19574
62	10264	9082	9670	1968	18132	8877	28446	2466	18866
63	9882	8447	10777	3293	19693	9165	26350	2461	18009
64	10039	9287	9762	3237	19365	10355	28595	2026	18330
65	7466	9012	10595	1955	19036	8137	27910	2154	19492
66	10460	9216	9156	2805	19232	9260	27188	3434	18234
67	9486	10347	11790	2317	18936	10460	26169	3508	19505
68	10670	8618	9699	2021	18822	10423	27981	3035	19214
69	10742	9850	10199	3551	18354	10721	26021	2978	19301
70	7488	8371	9685	2730	18419	8168	26830	2723	19582
71	7400	7294	10044	3174	19084	7674	28648	3592	18915
72	9650	8373	11005	1863	18258	7321	26917	2174	18420
73	10336	10747	10038	2894	19070	7554	25839	2165	19628
74	10438	7602	11510	2720	19311	7408	27810	2589	19005
75	8132	10465	11172	2699	18568	8847	25753	2602	19079
76	7621	7566	9236	3555	18943	10487	27873	3558	18647
77	7272	10423	12510	2954	18692	9260	26354	3508	18641
78	7821	7530	9710	2826	19135	9691	26458	2668	19460

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Assmby SM SA 3 Big	Dissassy TC SA 3 Big	Washing TC SA 3 Big	Visual Check TC SA 3 Big	Assy TC SA 3 Big	Dissassy FIP room	Washing FIP Big	Visual Check FIP Big	Assmby FIP Big
79	10144	9433	10859	3485	18734	10059	25315	2805	19301
80	7286	8576	11013	3550	18272	10646	26189	2000	18007
81	8583	10356	9374	3065	18311	7599	27481	1817	18988
82	9099	10574	11477	2247	19093	9699	28450	2547	19577
83	8602	9680	10313	3585	18552	9936	27531	3018	18376
84	9581	9661	11617	2116	18717	10325	28683	2431	18272
85	8934	9922	10147	2599	19266	8962	27640	2643	18950
86	10724	7489	12471	3244	18599	8014	26161	2080	19666
87	9555	9280	11431	2344	19703	10528	28671	3278	18647
88	10139	10715	9393	2330	18480	7797	26683	2300	19163
89	9879	9099	10573	3148	18772	9461	25928	2819	19075
90	7301	8629	12251	3491	19132	8926	27010	3375	19035
91	9413	9623	9255	2670	18450	7896	26404	3390	19575
92	10613	7258	12029	3286	18322	8008	27723	2604	19009
93	10516	10174	10796	3189	19105	7681	28136	2837	19463
94	7955	8373	11236	2480	18179	10698	25446	2248	18127
95	10514	8142	9614	2844	19419	10787	26066	2700	18956
96	7924	9889	11930	2765	18132	10797	27541	1981	18623
97	10232	7222	12100	2471	18227	8400	27261	3550	19606
98	9394	8684	10936	2592	19728	9776	28082	1824	19544
99	7831	9626	12354	2545	18124	10081	27648	2478	18662
100	10673	8264	11559	2212	18315	9768	28598	2211	18788
101	7892	7230	9126	2775	19587	7585	27664	3173	19102
102	9154	8613	12370	3100	18006	7946	26268	2821	19244
103	10169	8688	12519	2026	19482	8440	28229	3405	18058
104	7300	10731	9862	2894	18156	10294	26743	2288	19308
105	10391	7493	9225	2344	18857	10434	27007	3366	19500
106	7795	10478	11340	3261	19010	10554	26917	2594	18529
107	10571	9805	11641	1871	19149	9025	25954	1800	19365
108	8359	10200	12526	3523	18635	9790	25449	3133	18345
109	10174	7605	9419	2654	18643	9404	25362	3157	19328
110	7962	8073	11559	2996	18156	8553	26965	1931	18359
111	9207	8387	9225	3480	18842	7525	25800	1931	18564
112	7982	7408	10310	2046	19594	9119	28652	3592	18469
113	9590	8772	9432	1963	19192	10077	26659	3279	19445
114	10178	8266	11110	2059	19284	9551	27396	3423	18595
115	9304	9674	11286	2880	19713	8469	26446	2911	19327
116	9562	10228	12381	2528	19682	7607	28303	3020	19381
117	7672	10289	9850	2210	18078	10593	26087	3393	19608

Lampiran 2. Angka Acak (lanjutan)

No	Assmby SM SA 3 Big	Dissassy TC SA 3 Big	Washing TC SA 3 Big	Visual Check TC SA 3 Big	Assy TC SA 3 Big	Dissassy FIP room	Washing FIP Big	Visual Check FIP Big	Assmby FIP Big
118	9589	7408	9045	2678	18822	10116	26096	3226	19415
119	8654	10527	11757	3377	19672	9813	28790	2889	18678
120	9245	9984	10801	3350	19477	7409	26586	3590	19225
121	10094	8776	12491	1920	18383	9970	26449	2657	19442
122	8150	8395	11095	2698	19580	9093	25256	2252	18734
123	10004	10147	11075	3346	18250	8489	26409	3297	18238
124	8553	8339	9773	3267	19148	7467	28240	3228	18205
125	7680	8879	12276	2017	18136	7408	28612	2749	18088
126	8475	10350	11518	1970	18325	10674	27075	2597	19785
127	8198	9759	9482	2682	18481	10460	26381	2443	19303
128	8658	7525	12278	2773	18330	9019	27215	2256	18847
129	10371	8901	11264	2046	18731	8623	27774	2852	19140
130	7655	10692	10551	3319	18003	7537	27948	3351	18880
131	8197	7211	10372	1864	18651	9538	27433	3299	19789
132	7591	10377	9903	2095	19322	8005	26148	2176	18320
133	10096	9746	12051	2763	18998	10069	25367	1968	18365
134	10285	7896	12305	2097	18458	8862	28336	3051	19268
135	9490	10568	9537	3093	18385	8877	26919	2761	19427
136	7982	9962	10520	2510	19767	8604	25761	3542	18748
137	7270	10767	10507	1880	19383	8905	28441	2337	19616
138	10267	7307	10607	2076	18754	10787	27386	2626	19772
139	8365	10293	12501	2461	19766	8457	27775	2309	18475
140	7752	10585	10805	3580	18643	8711	25564	3235	18993
141	9803	10262	12386	3516	19540	8953	26181	2444	18458
142	7923	7946	9836	2870	19721	9262	26467	3584	19109
143	10146	7242	10133	2287	19551	9888	27171	2459	19293
144	10092	10072	11896	2263	19352	9709	28635	2053	18890
145	8471	10606	9806	3593	19165	7367	27322	2828	18481
146	8853	7243	11274	3536	18726	7916	25504	1833	18203
147	8683	7821	12158	3600	19546	9461	28260	3323	19766
148	8864	8807	11902	1930	18578	9760	28126	2905	18738
149	8955	7219	10763	3431	19260	10566	26053	3025	18999
150	7328	9250	11933	2555	18322	9136	26548	2199	18932