



UNIVERSITAS INDONESIA

**IMPLEMENTASI *LEAN MANUFACTURING* UNTUK
ELIMINASI WASTE PADA LINI PRODUKSI
MACHINING CAST WHEEL DENGAN MENGGUNAKAN METODE
WAM DAN VALSAT**

TESIS

DAONIL

1006787445

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

Universitas Indonesia



UNIVERSITAS INDONESIA

**IMPLEMENTASI *LEAN MANUFACTURING* UNTUK
ELIMINASI *WASTE* PADA LINI PRODUKSI
MACHINING CAST WHEEL DENGAN MENGGUNAKAN METODE
WAM DAN VALSAT**

TESIS

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

DAONIL

1006787445

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

DEPOK

JUNI 2012

Universitas Indonesia

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Daonil

NPM : 1006787445

Tanda Tangan :



Tanggal : 23 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Daonil

NPM : 1006787445

Program Studi : Teknik Industri

Judul Tesis : Implementasi *Lean Manufacturing* Untuk Eliminasi *Waste* Pada Lini Produksi *Machining Cast Wheel* Dengan Menggunakan Metode WAM dan VALSAT

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Prof. DR Ir. T. Yuri M. Zagloel, M.Eng.Sc (.....)

Pembimbing 2 : Ir. Yadrifil M.Sc (.....)

Penguji 1 : Ir. Sri Bintang Pamungkas, MSISE, PhD (.....)

Penguji 2 : Ir. Djoko S. Gabriel M.T (.....)

Penguji 3 : Ir. Dendi P. Ishak MSIE (.....)

Penguji 4 : Ir. Fauzia Dianawati M.Si (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2012

KATA PENGANTAR

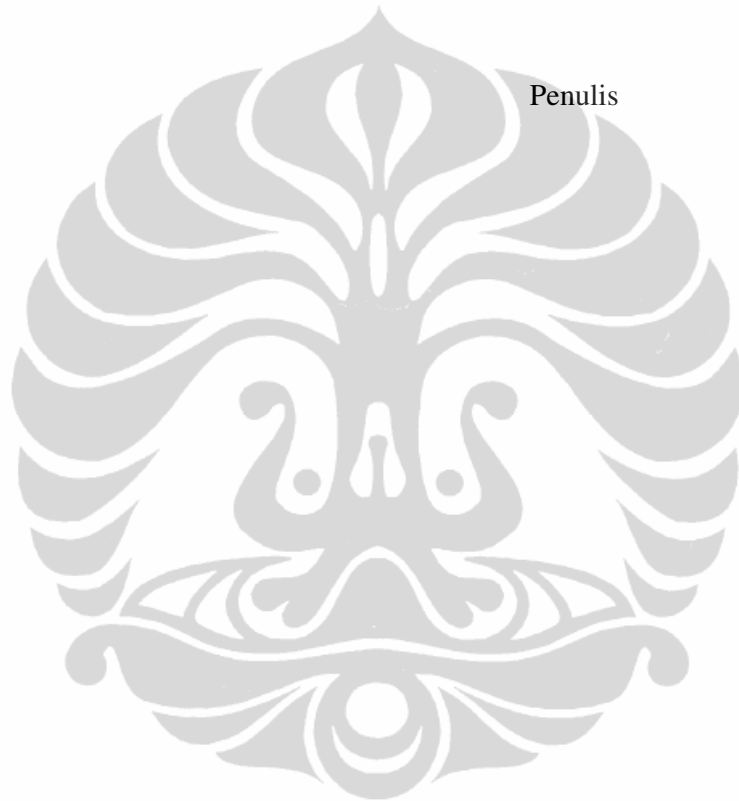
Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Penulisan tesis ini dilakukan guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik, jenjang pendidikan strata-2, Program Studi Teknik Industri pada Universitas Indonesia.

Keberhasilan penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Prof. DR. Ir. T. Yuri M. Zagloel M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing I dalam penyusunan tesis ini atas segala bimbingan, motivasi dan perhatiannya sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ir. Yadrifil M.Sc selaku dosen pembimbing II dalam penyusunan tesis ini atas segala bimbingan, motivasi dan perhatiannya sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Kedua orang tua (Mama dan Alm. Papa) dan saudara-saudara yang selalu memberikan perhatian, semangat, do'a dan dukungannya selama ini.
4. Rika Purnama Sari dan keluarga atas segala perhatian, do'a dan dukungannya selama ini.
5. Segenap Dosen Departemen Teknik Industri, yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
6. Seluruh staf Departemen Teknik Industri, yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.
7. Rekan-rekan Magister Teknik Industri Salemba angkatan 2010 untuk segala bantuan dan kerja samanya.
8. Marjanu dan Adit atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, dan do'a kepada penulis dalam penyusunan laporan tesis ini.

Penulis sangat menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari sempurna. Segala kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya bagi dunia akademis dan industri.

Jakarta, 23 Juni 2012



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

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

Nama : Daonil
NPM : 1006787445
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

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 :

**IMPLEMENTASI *LEAN MANUFACTURING* UNTUK ELIMINASI WASTE PADA
LINI PRODUKSI *MACHINING CAST WHEEL* DENGAN MENGGUNAKAN
METODE WAM DAN VALSAT**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/ formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari 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 : 23 Juni 2012
Yang menyatakan



(Daonil)

ABSTRAK

Nama : Daonil
Program Studi : Magister Teknik Industri
Judul : Implementasi *Lean Manufacturing* Untuk Eliminasi *Waste* Pada Lini Produksi *Machining Cast Wheel* Dengan Menggunakan Metode WAM dan VALSAT

Penelitian ini bertujuan untuk mengeliminasi *waste* pada lini produksi *machining cast wheel* dengan implementasi konsep *lean manufacturing*. Metode *lean manufacturing* yang digunakan adalah *Waste Assessment Model* (WAM) untuk identifikasi *waste* pada proses manufaktur dan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT) untuk memilih *mapping tools* yang digunakan dalam analisis *waste*. Berdasarkan hasil analisis didapatkan tiga rekomendasi perbaikan yaitu modifikasi desain *soft jaw* mesin OP 20 (*facing* dan *boring*), aplikasi metode *sampling* pada proses OP 40 (*leak test*), dan penggabungan proses OP 70/OP 60 (*washing*). Hasil evaluasi rekomendasi didapatkan perbaikan pada lini produksi *machining cast wheel* berupa peningkatan kapasitas produksi menjadi 1,350 set per hari, penurunan *reject rate* menjadi 2%, dan efisiensi *man power* sebanyak 3 orang.

Kata Kunci : *lean manufacturing*, *waste assessment model*, *value stream analysis tools*, kapasitas produksi, *reject rate*, dan efisiensi

ABSTRACT

Name : Daonil
Study Program : Master of Industrial Engineering
Title : Lean Manufacturing Implementation to Eliminate Waste in Machining Cast Wheel Line Production by Using WAM dan VALSAT Method

The purpose of this research is to eliminate waste in machining cast wheel line production using lean manufacturing implementation. This research use lean manufacturing method with Waste Assessment Model (WAM) for identification waste of manufacturing process and Value Stream Analysis Tools (VALSAT) to choose mapping tools which will be used in waste analysis. Based on the analysis result, there are three recommendations. The recommendations are modification design soft jaw on machine OP 20 (facing and boring), application sampling method for OP 40 (leak test), and unification OP 70/OP 60 (washing). The result of evaluation recommendations shows performance improvement in machining cast wheel line production, there are increase in production capacity by 1,350 sets per day, decrease in reject rate by 2%, and efficiency of man power by reduce 3 peoples.

Keywords : lean manufacturing, waste assessment model, value stream analysis tools, production capacity, reject rate, and efficiency

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Keterkaitan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB II LANDASAN TEORI	10
2.1 Konsep Dasar Lean	10
2.2 Konsep Seven Waste	11
2.3 Konsep Waste Assessment Model	12
2.3.1 Seven Waste Relationship	12
2.3.2 Waste Relationship Matrix (WRM)	14
2.3.3 Waste Assessment Questionnaire (WAQ)	15
2.4 Konsep Value Stream Mapping	18
2.5 Value Stream Mapping Tools	20
2.6 Konsep Value Stream Analysis Tools (VALSAT)	23
BAB III PENGUMUPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	26
3.1 Gambaran Umum Perusahaan	26
3.1.1 Struktur Organisasi	28
3.1.2 Gambaran Umum Proses Produksi Cast Wheel	29
3.1.3 Layout Pabrik Cast Wheel	31
3.1.4 Kapasitas Produksi & Permintaan Cast Wheel	32
3.2 Value Stream Mapping Cast Wheel	34
3.2.1 Aliran Informasi	34
3.2.2 Aliran Fisik	35
3.2.2.1 Aliran Fisik Proses Machining Front Cast Wheel	35
3.2.2.2 Aliran Fisik Proses Machining Rear Cast Wheel	36
3.3 Identifikasi Waste	41
3.3.1 Seven Waste Relationship	41

3.3.2 Waste Relationship Matrix (WRM)	42
3.3.3 Waste Assessment Questionnaire Matrix (WRM)	43
3.4 Value Stream Analysis Tools (VALSAT)	47
3.5 Detail Mapping	49
3.5.1 Process Activity Mapping (PAM)	49
3.5.1.1 Pengumpulan dan Pengukuran Data PAM	50
3.5.2 Supply Chain Response Matrix (SCRM)	54
3.5.2.1 Supply Chain Response Matrix Machining Front Cast Wheel	55
3.5.2.2 Supply Chain Response Matrix Machining Rear Cast Wheel	56
3.5.3 Quality Filter Mapping (QFM)	57
3.5.3.1 Quality Filter Mapping Machining Front Cast Wheel	58
3.5.3.2 Quality Filter Mapping Machining Rear Cast Wheel	59
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Analisa Current State Value Stream Mapping	60
4.2 Analisa Hasil Identifikasi Waste	62
4.3 Analisa Hasil Value Stream Analysis Tools (VALSAT)	62
4.3.1 Analisa Process Activity Mapping (PAM)	63
4.3.1.1 Analisa PAM Machining Front Cast Wheel	64
4.3.1.2 Analisa PAM Machining Rear Cast Wheel	65
4.3.2 Analisa Supply Chain Response Matrix (SCRM)	68
4.3.2.1 Analisa SCRM Machining Front Cast Wheel	68
4.3.2.2 Analisa SCRM Machining Rear Cast Wheel	69
4.3.3 Analisa Quality Filter Mapping (QFM)	70
4.3.3.1 Analisa QFM Machining Front Cast Wheel	71
4.3.3.2 Analisa QFM Machining Rear Cast Wheel	71
4.3.3.3 Analisa Penyebab Reject/Defect	72
4.4 Rekomendasi Perbaikan	73
4.4.1 Modifikasi Soft Jaw Mesin OP 20 (Facing & Boring)	74
4.4.2 Aplikasi Metode Sampling Proses OP 40 (Leak Test)	79
4.4.3 Penggabungan Proses OP 70/OP 60 (Washing)	80
4.5 Evaluasi Rekomendasi Perbaikan	84
4.5.1 Metode Perbandingan	84
4.5.2 Metode Simulasi	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah	5
Gambar 1.2 Metodologi Penelitian	7
Gambar 2.1 Hubungan Antar Waste	12
Gambar 2.2 Waste Relationship Matrix (WRM)	15
Gambar 2.3 Value Stream Analysis Tool Control Matrix	24
Gambar 3.1 Komposisi Produksi Sepeda Motor PT. XYZ – Tahun 2011	26
Gambar 3.2 Komposisi Produksi Sepeda Motor Spoke & Cast Wheel PT. XYZ – Tahun 2011	27
Gambar 3.3 Struktur Organisasi PT. XYZ	28
Gambar 3.4 Aliran Proses & Kapasitas Produksi Cast Wheel	29
Gambar 3.5 Aliran Proses Produksi Casting	30
Gambar 3.6 Aliran Proses Produksi Machining	30
Gambar 3.7 Layout Pabrik Cast Wheel Secara Keseluruhan	31
Gambar 3.8 Grafik Produksi vs Permintaan Cast Wheel (Front Wheel Tipe A)	33
Gambar 3.9 Grafik Produksi vs Permintaan Cast Wheel (Rear Wheel Tipe A)	33
Gambar 3.10 Current State Value Stream Mapping Front Cast Wheel Tipe A	39
Gambar 3.11 Current State Value Stream Mapping Rear Cast Wheel Tipe A	40
Gambar 3.12 Waste Relationship Matrix (WRM) Machining Cast Wheel	42
Gambar 3.13 Grafik Peringkat Hasil Perhitungan Waste Assessment	47
Gambar 3.14 Grafik Peringkat Mapping Tools	48
Gambar 3.15 SCRM Machining Front Cast Wheel	56
Gambar 3.16 SCRM Machining Rear Cast Wheel	57
Gambar 3.17 QFM Machining Front Cast Wheel	58
Gambar 3.18 QFM Machining Rear Cast Wheel	59
Gambar 4.1 Grafik Jumlah Aktivitas per Jenis Aktivitas (machining front cast wheel)	64
Gambar 4.2 Grafik Kebutuhan Waktu per Jenis Aktivitas (machining front cast wheel)	65
Gambar 4.3 Grafik Jumlah Aktivitas per Jenis Aktivitas (machining rear cast wheel)	66
Gambar 4.4 Grafik Kebutuhan Waktu per Jenis Aktivitas (machining rear cast wheel)	66
Gambar 4.5 Grafik Urutan Days Physical Stock (machining front cast wheel)	68
Gambar 4.6 Grafik Urutan Days Physical Stock (machining rear cast wheel)	69
Gambar 4.7 Visualisasi Reject Gores dan Gompal pada Proses OP 20	72
Gambar 4.8 Soft Jaw Mesin OP 20	73
Gambar 4.9 Desain Soft Jaw OP 20 Sebelum Perbaikan	74
Gambar 4.10 Ilustrasi Pemasangan Part Pada Mesin OP 20 Sebelum Perbaikan	75
Gambar 4.11 Desain Soft Jaw OP 20 Sesudah Perbaikan	76
Gambar 4.12 Ilustrasi Perbandingan Pemasangan Part Pada Mesin OP 20	77
Gambar 4.13 Perbandingan <i>Soft Jaw</i> Kondisi Terpasang Pada Mesin OP 20	77
Gambar 4.14 Aliran Proses Produksi Machining Front dan Rear Cast Wheel (Sebelum Perbaikan)	81
Gambar 4.15 Rekomendasi Perbaikan Aliran Proses Produksi	

Machining Front dan Rear Cast Wheel.....	81
Gambar 4.16 Future State Value Stream Mapping Front Cast Wheel Tipe A.....	82
Gambar 4.17 Future State Value Stream Mapping Rear Cast Wheel Tipe A.....	83
Gambar 4.18 Model Simulasi Lini Produksi Machining Cast Wheel Kondisi Sebelum Perbaikan.....	88
Gambar 4.19 Model Simulasi Lini Produksi Machining Cast Wheel Kondisi Sesudah Perbaikan.....	89



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria untuk Pembobotan Kekuatan Waste Relationship.....	13
Tabel 2.2 Contoh Tabulasi Perhitungan Keterkaitan Antar Waste.....	14
Tabel 2.3 Konversi Rentang Skor Keterkaitan Antar Waste.....	14
Tabel 2.4 Waste Matrix Value.....	15
Tabel 2.5 Bobot awal yang diperoleh dari WRM.....	16
Tabel 2.6 Hasil pembagian dari Tabel 2.3 dengan nilai Ni.....	17
Tabel 2.7 Value Stream Mapping Tools (Hines & Rich, 1997).....	22
Tabel 2.8 Rangkuman Aplikasi Value Stream Mapping (Tilak et al).....	25
Tabel 3.1 Perhitungan Kapasitas Produksi Cast Wheel.....	32
Tabel 3.2 Tabulasi Keterkaitan Antar Waste Machining Cast Wheel.....	41
Tabel 3.3 Waste Matrix Value Machining Cast Wheel.....	43
Tabel 3.4 Pengelompokkan Jenis Pertanyaan.....	44
Tabel 3.5 Bobot Awal Pertanyaan Kuisisioner berdasarkan WRM.....	44
Tabel 3.6 Bobot Pertanyaan dibagi Ni dan Jumlah Skor (Sj) & Frekuensi (Fj).....	45
Tabel 3.7 Perkalian antara bobot dengan dengan hasil penilaian kuisisioner dan Jumlah Skor (sj) & Frekuensi (fj).....	46
Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Waste Assessment.....	46
Tabel 3.9 Hasil Pembobotan VALSAT.....	47
Tabel 3.10 Process Activity Mapping Machining Front Cast Wheel.....	52
Tabel 3.11 Process Activity Mapping Machining Rear Cast Wheel.....	53
Tabel 3.12 Ringkasan Perhitungan dan Prosentase PAM.....	54
Tabel 3.13 Perhitungan SCRM Machining Front Cast Wheel.....	55
Tabel 3.14 Perhitungan SCRM Machining Rear Cast Wheel.....	57
Tabel 3.15 Data Reject Part Machining Front Cast Wheel.....	58
Tabel 3.16 Data Reject Part Machining Rear Cast Wheel.....	59
Tabel 4.1 Analisa Current State Value Stream Mapping (CSVSM) machining front cast wheel dan rear cast wheel tipe A.....	61
Tabel 4.2 Peringkat Hasil Waste Assessment.....	62
Tabel 4.3 Peringkat Hasil VALSAT.....	63
Tabel 4.4 Jumlah Aktivitas per Jenis Aktivitas (machining front cast wheel).....	64
Tabel 4.5 Kebutuhan Waktu per Jenis Aktivitas (machining front cast wheel).....	65
Tabel 4.6 Jumlah Aktivitas per Jenis Aktivitas (machining rear cast wheel).....	65
Tabel 4.7 Kebutuhan Waktu per Jenis Aktivitas (machining rear cast wheel).....	66
Tabel 4.8 Ringkasan Analisa PAM Machining Front dan Rear Cast Wheel).....	67
Tabel 4.9 Detail Data Reject Rate Machining Front Cast Wheel.....	71
Tabel 4.10 Detail Data Reject Rate Machining Rear Cast Wheel.....	72
Tabel 4.11 Data Reject Rate Machining Front Cast Wheel Sesudah Perbaikan.....	78
Tabel 4.12 Data Reject Rate Machining Rear Cast Wheel Sesudah Perbaikan.....	78
Tabel 4.13 Reject Rate Pada Mesin OP 20 Sebelum dan Sesudah Perbaikan.....	84
Tabel 4.14 Reject Rate Lini Produksi Machining Front dan Rear Cast Wheel Sebelum dan Sesudah Perbaikan.....	85
Tabel 4.15 Kapasitas Produksi Machining Cast Wheel Sesudah Perbaikan.....	85
Tabel 4.16 Data Waktu Proses (Input Simulasi).....	86
Tabel 4.17 Perbedaan Kondisi Model Simulasi.....	87
Tabel 4.18 Perhitungan Days Physical Stock Machining Cast Wheel.....	90

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1: Penjelasan Keterkaitan Antar Waste
Lampiran 2: Jawaban dan Skor Keterkaitan Antar Waste
Lampiran 3: Tabel Bobot Awal Pertanyaan Kuisisioner berdasarkan WRM
Lampiran 4: Bobot Pertanyaan dibagi Ni dan Jumlah Skor (Sj) & Frekuensi (Fj)
Lampiran 5: Tabel Kuisisioner dan Rekap Jawaban Kuisisioner
Lampiran 6: Tabel Perkalian bobot dengan hasil penilaian kuisisioner dan Jumlah Skor (sj) & Frekuensi (fj)
Lampiran 7: Data Hasil Pengukuran Waktu Proses Machining Front Cast Wheel
Lampiran 8:
 a. Uji Kenormalan dan Keseragaman Data untuk Front Cast Wheel
 b. Uji Kenormalan dan Keseragaman Data untuk Rear Cast Wheel
Lampiran 9:
 a. Hasil Uji Normalitas, Keseragaman, dan Kecukupan Data Machining Front Cast Wheel
 b. Hasil Uji Normalitas, Keseragaman, dan Kecukupan Data Machining Rear Cast Wheel
Lampiran 10:
 a. Pergerakan Stok Lini Produksi Machining Front Cast Wheel
 b. Pergerakan Stok Lini Produksi Machining Rear Cast Wheel
Lampiran 11: Pencapaian Produksi Machining Front dan Rear Cast Wheel Selama Periode April – September 2011
Lampiran 12: Gambar Teknik Modifikasi Desain Soft Jaw
Lampiran 13: Tabel. Dodge and Romig Sampling Lot Inspection Table Based on Stated Value of Lot Tolerance Percent Defective (LTPD) = 5% and Consumer's Risk = 0.10
Lampiran 14: Layout Lini Produksi Machining Cast Wheel Sebelum dan Sesudah Perbaikan
Lampiran 15:
 a. Hasil Running Simulasi Model Kondisi Awal (Sebelum Perbaikan)
 b. Hasil Running Simulasi Model Kondisi Rekomendasi (Sesudah Perbaikan)

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang dilakukan penelitian, perumusan masalah, ruang lingkup dan metodologi yang akan digunakan dalam penelitian, beserta tujuan yang akan didapatkan dari penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Persaingan bisnis di dunia industri yang semakin berkembang menuntut setiap perusahaan untuk terus melakukan perbaikan dan peningkatan kinerjanya. Performansi perusahaan manufaktur dapat diukur dari efektivitas dan efisiensi pada sistem produksi. Sistem produksi yang efisien dan efektif akan menghasilkan produk yang berkualitas dan kompetitif.

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur dan perakitan sepeda motor terbesar di Indonesia. Peningkatan volume permintaan sepeda motor mendorong perusahaan untuk meningkatkan performansi sistem produksinya agar bisa memenuhi permintaan *customer* dan menguasai pasar. Saat ini lebih dari 87% permintaan pada setiap tipe sepeda motor (*cub*, *sport*, dan *skutik*) adalah yang menggunakan roda dengan *velg racing (cast wheel)*. Keterbatasan kapasitas produksi dari *vendor cast wheel* menjadi pemicu PT. XYZ melakukan investasi untuk pembangunan fasilitas produksi *cast wheel* pada April 2009. Saat ini ada *dua tipe cast wheel* yang diproduksi di PT. XYZ yaitu tipe A (*front cast wheel dan rear cast wheel*) dan tipe B (*front cast wheel dan rear cast wheel*).

Produk *cast wheel* tipe A (*front cast wheel dan rear cast wheel*) merupakan produk dengan permintaan terbesar saat ini yaitu 1.300 set per hari. Proses manufaktur *cast wheel* ini terdiri dari tiga tahapan proses utama yaitu *casting*, *machining*, dan *painting*. Proses *machining* merupakan proses vital untuk menjamin kepresisian dan kualitas dari produk *cast wheel*. Sistem produksi pada proses *machining cast wheel* yang bersifat *continuous* belum berjalan dan mengalir secara seimbang mengikuti proses *painting*. Pencapaian aktual harian

produksi *machining cast wheel* rata-rata berkisar antara 1.100 – 1.200 set per hari, sementara permintaan *cast wheel* saat ini mencapai 1.300 set per hari. Pemenuhan kekurangan *finish goods machining* sekitar 100 – 200 set per hari dilakukan melalui kerja lembur (*overtime*). Aktivitas *overtime* produksi *machining* dilakukan pada hari sabtu dan/atau minggu untuk mengamankan aliran proses produksi *cast wheel* pada waktu kerja reguler. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimalisasi pada sistem produksi di area *machining cast wheel* untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi.

Lean manufacturing merupakan metode yang ideal untuk mengoptimalkan performansi dari sistem dan proses produksi karena mampu mengidentifikasi, mengukur, menganalisa dan mencari solusi perbaikan atau peningkatan performansi secara komprehensif. Pendekatan *lean* berfokus pada efisiensi tanpa mengurangi efektivitas proses diantaranya peningkatan operasi yang *value added*, mereduksi pemborosan (*waste*), dan memenuhi kebutuhan *customer* (Hines & Taylor, 2000). Konsep *lean* diterapkan untuk mengeliminasi *waste* pada *value stream system*.

Identifikasi terhadap *waste* membutuhkan suatu model yang dapat mempermudah dan menyederhanakan proses pencarian permasalahan *waste*. Metode *assessment* yang digunakan untuk mencari permasalahan *waste* adalah dengan *Waste Assessment Model* (WAM) yang terdiri dari *Waste Assessment Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). Kelebihan dari model ini adalah kesederhanaan dari matrix dan kuisisioner yang mencakup banyak hal dan mampu memberikan kontribusi untuk mencapai hasil yang akurat dalam mengidentifikasi akar penyebab dari *waste* (Rawabdeh, 2005)

Value Stream Mapping (VSM) merupakan salah satu metode dalam aplikasi *lean manufacturing*. *Value Stream Mapping* digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi *waste* dari suatu sistem manufaktur untuk mencari akar permasalahan.

Analisa detail dari hasil identifikasi *waste* dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Value Stream Analysis Tools* atau yang dikenal dengan istilah VALSAT (Hines & Rich, 1997). Kajian dan studi terhadap metode VALSAT dan *new mapping tools* telah dilakukan dengan cara observasi dan tinjauan aplikasinya pada 4 tipe industri manufaktur (Minakshi Tilak et al), yaitu pada industri manufaktur baja, komponen elektronik, pesawat terbang, dan otomotif.

Berdasarkan hasil analisis yang akurat pada *Current State Value Stream Mapping* (CSVSM) akan didapatkan acuan dalam menentukan langkah perbaikan dan peningkatan sistem dan proses produksi untuk mencapai performansi yang optimal. Douglas & Edem (2008), menggunakan konsep *lean manufacturing* dan *value stream mapping* untuk meningkatkan produktivitas pada proses *machining transmission case*. Hasil dari perbaikan ini menghasilkan pengurangan atau reduksi untuk biaya *scrap* sebesar 66.6% dan biaya tenaga kerja sebesar 58.1%.

Konsep *lean production* dan *value stream mapping* juga diterapkan pada industri otomotif, Ford Motor yang berlokasi di Taiwan, untuk peningkatan aspek kualitas dan biaya (H.M Wee & Simon Wu, 2009). Evaluasi *Future State Value Stream Mapping* (FSVSM) terhadap aspek kualitas dan biaya didapatkan peningkatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 10%, peningkatan *First Time Through* (FTT) sebesar 2%, reduksi *line dock to dock time* 1,827 detik, reduksi *working time* 640 detik, dan peningkatan *value ratio* sebesar 5%.

Bhim Singh et al (2010), pada pengembangan *Future State Value Stream Mapping* (FSVSM) mengaplikasikan sistem kanban. Manfaat yang didapat diantaranya peningkatan output per *man* sebesar 42.86%, reduksi *man power* sebesar 30%, reduksi inventori *Work In Process* (WIP) mencapai 89.47%, reduksi inventori *Finish Goods* (F/G) sebesar 17.86%, reduksi *lead time* produksi mencapai 83.14%, dan reduksi *lead time* proses sebesar 12.62%

Aplikasi *Value Stream Mapping* juga dapat diterapkan pada industri makanan. William et al (2011), mengembangkan *Future State Value Stream Mapping* (FSVSM) pada manufaktur roti dengan menggunakan pendekatan VALSAT didapatkan hasil berupa reduksi *waste* sebesar 25% dan peningkatan *throughput* sebesar 16%.

Evaluasi terhadap hasil perbaikan atau pengembangan *current state* yang diterapkan dapat diukur dalam suatu model atau simulasi dari *Future State Value Stream Mapping* (FSVSM) berdasarkan parameter yang ditentukan. Sean. M Gahagan (2007) membuat suatu *template value stream mapping* dengan menggunakan *software* simulasi Arena dan diaplikasikan pada studi kasus suatu toko elektronik.

Pendekatan *lean manufacturing* dengan menggunakan metode *Waste Assessment Model* (WAM) dan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT) merupakan cara yang efektif

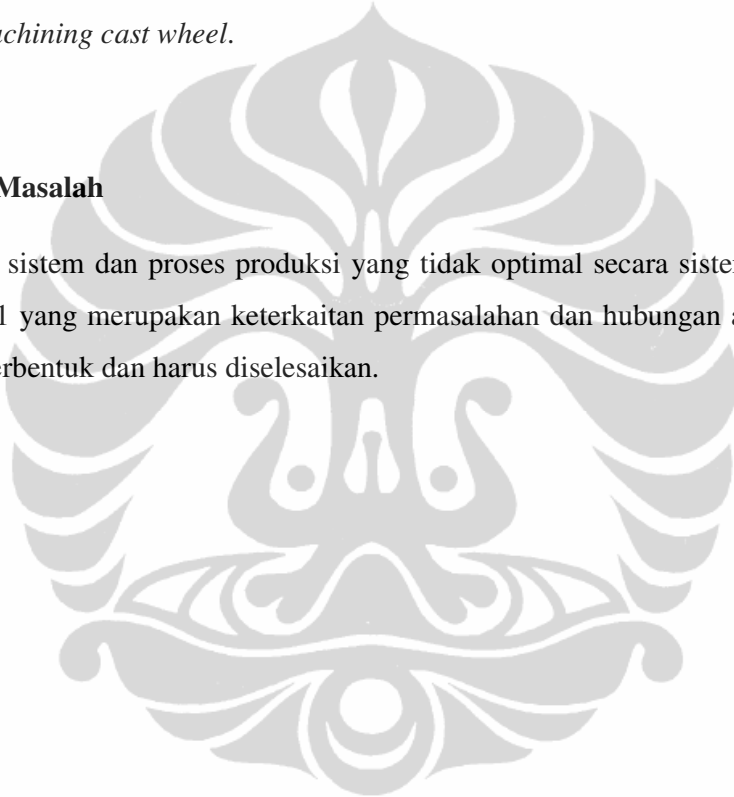
untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi dan mengoptimalkan performansi pada sistem dan proses produksi *machining cast wheel* di PT. XYZ.

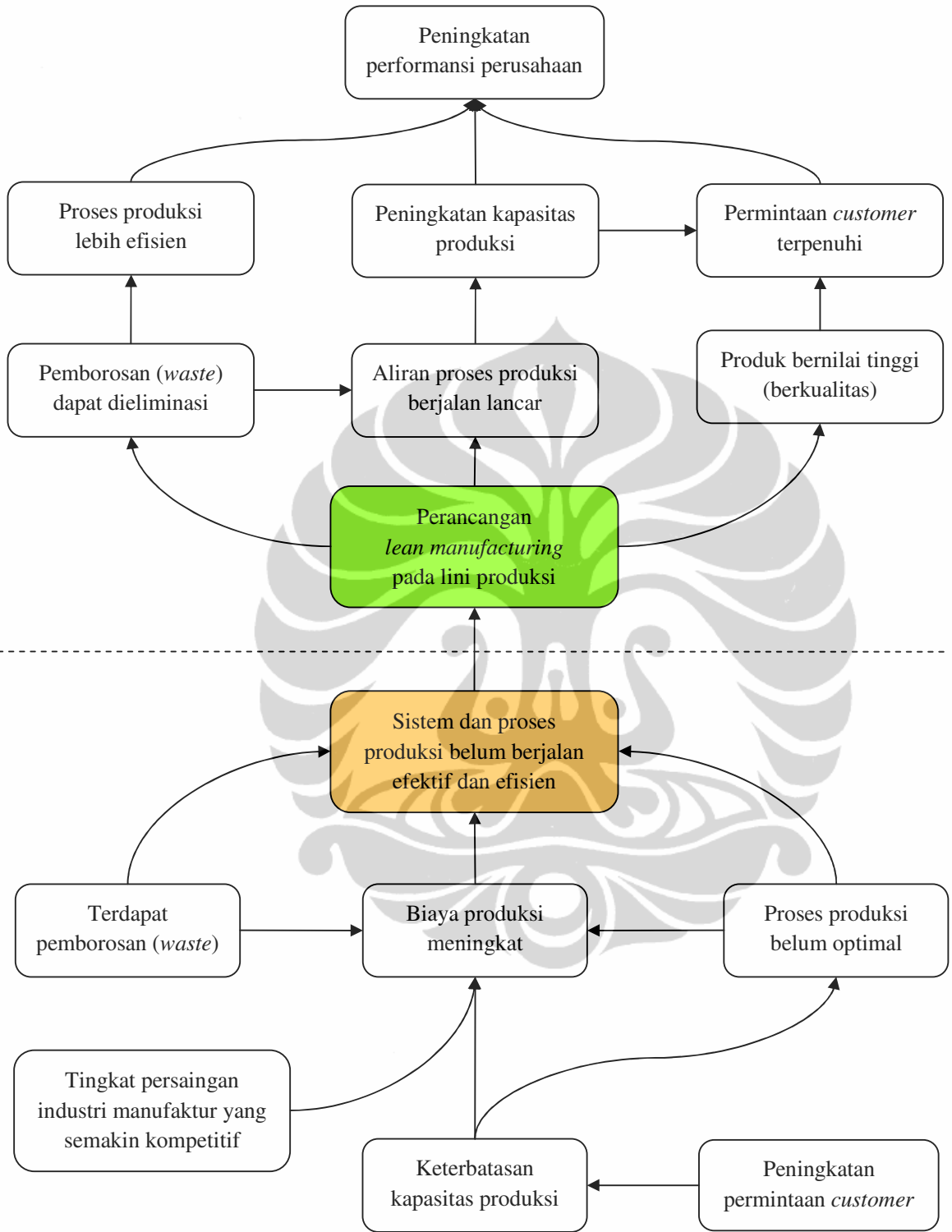
1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah mengeliminasi *waste* dan *bottleneck* yang terdapat pada lini produksi *machining cast wheel*.

1.3 Keterkaitan Masalah

Permasalahan sistem dan proses produksi yang tidak optimal secara sistematis dapat lihat pada gambar 1.1 yang merupakan keterkaitan permasalahan dan hubungan antar gejala permasalahan yang terbentuk dan harus diselesaikan.





Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah memperoleh identifikasi dan analisa *waste* untuk mengeliminasi *waste* yang terdapat pada lini produksi *machining cast wheel* dalam rangka pemenuhan permintaan *customer* dengan pendekatan *lean manufacturing*.

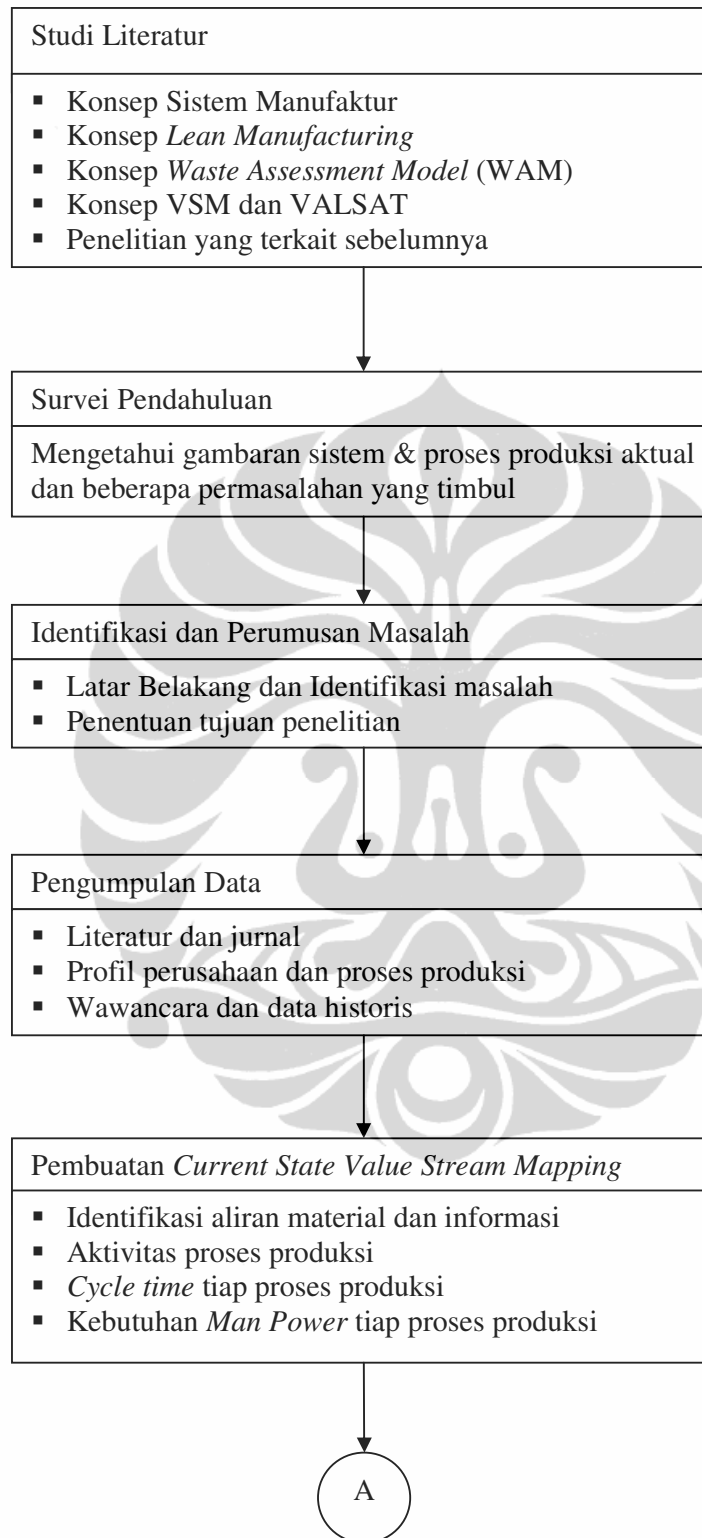
1.5 Ruang Lingkup Penelitian

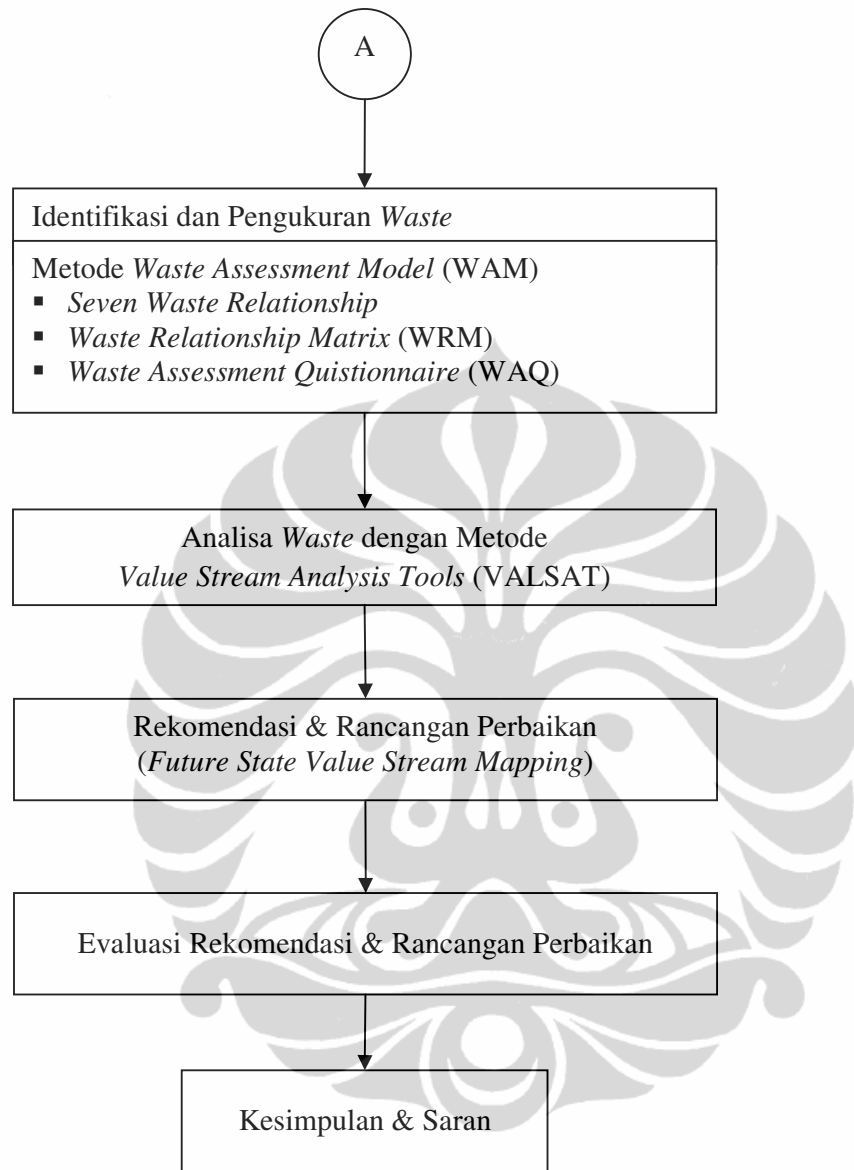
Ruang lingkup penelitian berisi batasan dan asumsi yang akan menjadi acuan dalam penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian difokuskan pada lini produksi di *machining cast wheel*.
2. Data historis yang digunakan dalam penelitian adalah data pada periode produksi bulan April – September 2011 (sebelum perbaikan) dan November 2011 – Januari 2012 (sesudah perbaikan).
3. Prioritas utama perbaikan difokuskan pada hasil identifikasi *waste* produksi yang paling dominan.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian berisi tahapan-tahapan sistematis yang digunakan dalam melakukan penelitian sebagai berikut. Tahapan tersebut merupakan kerangka berfikir yang dijadikan acuan agar proses penelitian berjalan sistematis, terstruktur, terarah, dan menjadi pedoman penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya





Gambar 1.2 Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini dapat dijelaskan secara sistematis sebagai berikut:

Bab I: Pendahuluan

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penelitian.

Bab II: Landasan Teori

Bab ini berisi teori-teori yang menjadi acuan dan pedoman dalam penelitian dan analisa yang akan dilakukan. Teori ini diperoleh dari berbagai sumber, seperti jurnal internasional, teks book, internet atau sumber lainnya.

Bab III: Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini berisi tentang pengumpulan data dan pengolahan data serta alat bantu yang digunakan dalam pengolahan data tersebut. Pengumpulan data berisi tentang profil perusahaan dan sistem produksi. Pengolahan data dilakukan sesuai dengan metodologi penelitian.

Bab IV: Analisa dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang hasil analisa data berdasarkan metode yang digunakan dalam penelitian. Hasil yang diperoleh meliputi: interpretasi dan pembahasan hasil penelitian sehingga mampu menyelesaikan permasalahan.

Bab V : Kesimpulan dan Saran

Bab terakhir berisi tentang kesimpulan dari hasil uraian serta saran bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya

BAB II

LANDASAN TEORI

Landasan teori pada penelitian tesis ini meliputi konsep *lean manufacturing*, *Value Stream Mapping (VSM)*, *Waste Assessment Model (WAM)*, *Value Stream Analysis Tools (VALSAT)*, dan literatur *review* dari beberapa artikel yang terkait dengan *lean manufacturing* dan *value stream mapping*.

2.1 Konsep Dasar *Lean*

Secara terminologi *lean* berarti rangkaian aktivitas atau solusi untuk mengeliminasi *waste*, mereduksi operasi *non-value added (NVA)* dan meningkatkan operasi *value added (VA)* (Wee, H.M and Simon Wu, 2009).

Lean dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*), atau aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value-adding activities*) melalui peningkatan terus-menerus (*continuous improvement*) dengan cara mengalirkan produk (*material, work-in-process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan (Gaspersz, 2007). *Lean* yang diterapkan pada keseluruhan perusahaan disebut *Lean Enterprise*. *Lean* yang diterapkan pada bidang manufaktur disebut *Lean Manufacturing*. Terdapat lima prinsip dasar *Lean*:

1. Mengidentifikasi nilai produk berdasarkan perspektif pelanggan.
2. Mengidentifikasi *value stream mapping* untuk setiap produk.
3. Menghilangkan pemborosan yang tidak bernilai tambah dari semua aktivitas sepanjang *value stream*.
4. Mengorganisasikan agar material, informasi, dan produk mengalir secara lancar dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik (*pull system*).
5. Terus-menerus mencari teknik dan alat peningkatan (*improvement tools and techniques*) untuk mencapai keunggulan dan peningkatan terus-menerus.

2.2 Konsep *Seven Waste*

Prinsip utama dari pendekatan *lean* adalah pengurangan atau eliminasi pemborosan (*waste*). *Waste* bisa diartikan juga sebagai aktivitas-aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah bagi *throughput* perusahaan.

Ada tujuh tipe *waste* (*seven wastes*) yang identifikasikan oleh Shigeo Shingo (Hines & Taylor, 2000) yaitu:

1. *Over Production*

Merupakan kegiatan produksi yang terlalu banyak atau terlalu cepat yang menyebabkan terganggunya aliran informasi atau barang, dan inventori yang berlebih (Hines and Taylor, 2000).

2. *Defect (Reject)*

Merupakan *waste* berupa kesalahan yang terjadi pada proses pengerjaan, permasalahan kualitas produk, atau rendahnya performansi dari pengiriman barang atau jasa (Hines and Taylor, 2000).

3. *Unnecessary Inventory*

Merupakan *waste* yang berupa penyimpanan dan penundaan yang berlebihan dari informasi dan produk yang menimbulkan peningkatan biaya dan penurunan *customer service* (Hines and Taylor, 2000).

4. *Inappropriate Processing*

Merupakan *waste* yang disebabkan oleh proses kerja yang dilaksanakan dengan menggunakan set peralatan, prosedur, atau sistem yang tidak sesuai dengan kapasitas dan kemampuan suatu operasi kerja (Hines and Taylor, 2000).

5. *Excessive Transportation*

Merupakan *waste* yang berupa perpindahan yang berlebihan dari manusia, informasi dan barang yang mengakibatkan pemborosan waktu, usaha, dan biaya (Hines and Taylor, 2000).

6. *Waiting/Idle*

Merupakan *waste* yang berupa kondisi tidak aktifnya manusia, informasi, atau barang dalam periode yang lama yang menyebabkan aliran terganggu dan panjangnya *lead time* (Hines and Taylor, 2000).

7. *Unnecessary Motion*

Merupakan *waste* yang berupa kondisi buruknya organisasi tempat kerja yang menyebabkan rendahnya tingkat ergonomis didalamnya, seperti pergerakan *bending* atau

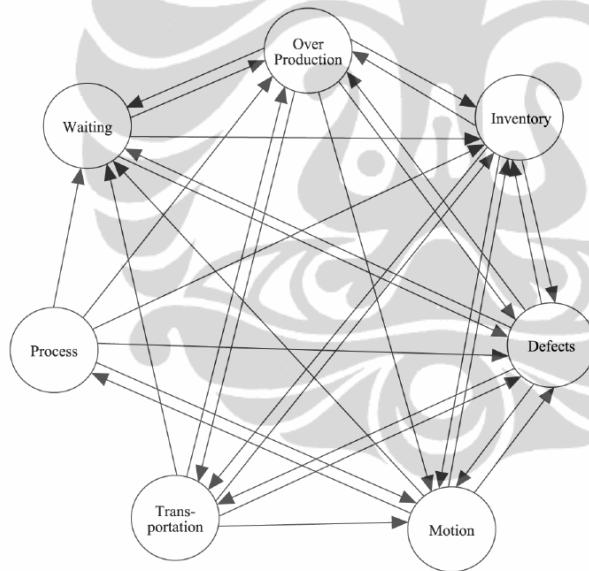
stretching yang berlebihan dan sering terjadinya kehilangan item-item tertentu (Hines and Taylor, 2000).

2.3 Konsep Waste Assessment Model

Waste Assessment Model merupakan suatu model yang dikembangkan untuk menyederhanakan pencarian dari permasalahan *waste* dan mengidentifikasi untuk mengeliminasi *waste* (Rawabdeh, 2005). Model ini menggambarkan hubungan antar *seven waste* (O: *Overproduction*, P: *Processing*, I: *Inventory*, T: *Transportation*, D: *Defects*, W: *Waiting*, dan M: *Motion*).

2.3.1 Seven Waste Relationship

Semua jenis *waste* bersifat *inter-dependent*, dan berpengaruh terhadap jenis lain. Gambar 2.1 menunjukkan pengaruh antar *waste*.



Gambar 2.1 Hubungan Antar Waste

Tujuh *waste* dapat dikelompokkan kedalam 3 kategori utama yang dikaitkan terhadap *man*, *machine*, dan *material*. Kategori *man* berisi konsep *motion*, *waiting*, dan *overproduction*. Kategori *machine* meliputi *overproduction waste*, sedangkan kategori *material* meliputi *transportation*, *inventory*, dan *defect*. Untuk menghitung kekuatan dari *waste relationship* dikembangkan suatu pengukuran dengan kuisioner. Tabel 2.1 memperlihatkan kriteria pengukuran yang berupa enam pertanyaan dengan tiap jawaban memiliki rentang bobot 0 sampai 4.

Tabel 2.1 Kriteria untuk Pembobotan Kekuatan *Waste Relationship*

Pertanyaan	Bobot
(1) Apakah i mengakibatkan j?	
Selalu	4
Kadang-kadang	2
Jarang	1
(2) Apakah tipe keterkaitan antara i dan j?	
Jika i naik, maka j naik	2
Jika i naik, j pada level konstan	1
Acak, tidak tergantung kondisi	0
(3) Dampak j dikarenakan oleh i:	
Terlihat langsung dan jelas	4
Butuh waktu agar terlihat	2
Tidak terlihat	0
(4) Mengeliminasi akibat i pada j dicapai melalui:	
Metode teknik	2
Sederhana dan langsung	1
Solusi instruksi	0
(5) Dampak j dikarenakan oleh i, berpengaruh kepada:	
Kualitas produk	1
Produktivitas sumber daya	1
Lead time	1
Kualitas dan produktivitas	2
Produktivitas dan lead time	2
Kualitas dan lead time	2
Kualitas, produktivitas, dan lead time	4
(6) Pada tingkatan apa dampak i pada j meningkat lead time manufaktur	
Tingkatan tinggi	4
Tingkatan menengah	2
Tingkatan rendah	0

Penjelasan keterkaitan antar *waste* dapat dilihat pada lampiran 1. Hasil pembobotan dihitung dalam tabulasi dengan contoh pada tabel 2.2 sebagai berikut

Tabel 2.2 Contoh Tabulasi Perhitungan Keterkaitan Antar *Waste*

Question Relationships	1		2		3		4		5		6		Score
	Ans	Wght	Ans	Wght	Ans	Wght	Ans	Wght	Ans	Wght	Ans	Wght	
O_I	a	4	a	2	a	4	A	2	f	2	a	4	18
O_D	B	2	c	0	b	2	B	1	a	1	c	0	6

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan skor keterkaitan antar *waste* yang kemudian dikonversikan kedalam simbol pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Konversi Rentang Skor Keterkaitan Antar *Waste*

Range	Type of relationship	Symbol
17 to 20	Absolutely necessary	A
13 to 16	Especially important	E
9 to 12	Important	I
5 to 8	Ordinary closeness	O
1 to 4	Unimportant	U

Hasil konversi ini selanjutnya akan digunakan dalam pembuatan *Waste Relationship Matrix*.

2.3.2 *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Waste Relationship Matrix (WRM) merupakan *matrix* yang digunakan untuk menganalisa kriteria pengukuran. Baris pada *matrix* menunjukkan efek suatu *waste* tertentu terhadap enam *waste* lainnya, sedangkan kolom pada *matrix* menunjukkan *waste* yang dipengaruhi oleh *waste* lainnya. Diagonal dari *matrix* ditempatkan dengan nilai *relationship* tertinggi, dan secara *default*, tiap jenis *waste* akan memiliki hubungan pokok dengan *waste* itu sendiri. *Waste matrix* menggambarkan hubungan nyata diantara jenis-jenis *waste*. WRM dapat dilihat pada gambar 2.2

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	A	O	O	I	X	E
I	I	A	I	I	I	X	X
D	I	I	A	I	E	X	I
M	X	O	E	A	X	I	A
T	U	O	I	U	A	X	I
P	I	U	I	I	X	A	I
W	O	A	O	X	X	X	A

Gambar 2.2 *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Pembobotan dari tiap baris dan kolom dari WRM ditotal untuk melihat skor yang menggambarkan efek atau pengaruh dari satu *waste* terhadap *waste* lain. Skor ini dikonversikan kedalam bentuk persentase untuk lebih menyederhanakan *matrix*. Berikut diilustrasikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.4 Waste Matrix Value

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	10	4	4	6	0	8	42	16,8
I	6	10	6	6	6	0	0	34	13,6
D	6	6	10	6	8	0	6	42	16,8
M	0	4	8	10	0	6	10	38	15,2
T	2	4	6	2	10	0	6	30	12
P	6	2	6	6	0	10	6	36	14,4
W	4	10	4	0	0	0	10	28	11,2
Score	34	46	44	34	30	16	46	250	100
%	13,6	18,4	17,6	13,6	12	6,4	18,4	100	

Based on A: 10, E: 8, I: 6, O: 4, U: 2, and X: 0

2.3.3 Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Waste Assessment Questionnaire dibuat untuk mengidentifikasi dan mengalokasikan *waste* yang terjadi pada lini produksi (Rawabdeh, 2005). Kuisisioner *assessment* ini terdiri atas 68 pertanyaan yang berbeda, dimana kuisisioner ini dikenalkan untuk tujuan menentukan *waste*. Tiap pertanyaan kuisisioner merepresentasikan suatu aktivitas, suatu kondisi atau suatu sifat yang mungkin menimbulkan suatu jenis *waste* tertentu. Daftar pertanyaan kuisisioner *assessment* dapat dilihat pada lampiran 2.

Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan "*From*", maksudnya bahwa pertanyaan tersebut menjelaskan jenis *waste* yang ada saat ini yang dapat memicu munculnya jenis *waste* lainnya berdasarkan WRM. Pertanyaan lainnya ditandai dengan tulisan "*To*", maksudnya pertanyaan tersebut menjelaskan tiap jenis *waste* yang ada saat ini bisa terjadi karena dipengaruhi jenis *waste* lainnya. Tiap pertanyaan memiliki tiga pilihan jawaban dan masing-masing jawaban diberi bobot 1, 0,5 atau 0 (zero). Pertanyaan-pertanyaan kuisisioner dikategorikan kedalam empat kelompok yaitu man, machine, material dan method dimana tiap pertanyaan berhubungan antara satu kategori dengan kategori lainnya.

Peringkat akhir dari *waste* tergantung pada kombinasi dari jawaban, karena dari hasil kuisisioner nanti akan diproses dengan suatu algoritma yang terdiri dari beberapa langkah yang telah dikembangkan untuk menilai dan meranking *waste* yang ada. Ada 8 tahapan perhitungan skor *waste* untuk mencapai hasil akhir berupa ranking dari *waste*

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuisioner berdasarkan catatan "From" dan "To" untuk tiap jenis *waste*.
2. Memasukkan bobot dari tiap pertanyaan berdasarkan *waste relationship matrix*. Tabel 2.2 memperlihatkan contoh dari pemberian bobot awal berdasarkan WRM.
3. Menghilangkan efek dari variasi jumlah pertanyaan untuk tiap jenis pertanyaan dengan membagi tiap bobot dalam satu baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan (N_i). Contoh dari pembagian bobot ini dapat dilihat di tabel 2.3

Tabel 2.5 Bobot awal yang diperoleh dari WRM

Quest. type	Question #	O	I	D	M	T	P	W
<i>Man</i>								
From motion	2	0	4	8	10	0	6	10
From defects	3	6	6	10	6	8	0	6
From motion	4	9	4	8	10	0	6	10

4. Menghitung jumlah skor dari tiap kolom jenis *waste*, dan frekuensi (F_j) dari munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol).

$$S_j = \sum_{K=1}^K \frac{W_{j,k}}{N_i} ; \text{ untuk tiap tipe jenis waste } j \quad (1)$$

5. Memasukkan nilai dari hasil kuisioner (1, 0,5, atau 0) kedalam tiap bobot nilai di tabel dengan cara mengalikannya (lihat tabel 2.4)

Tabel 2.6 Hasil pembagian dari Tabel 2.3 dengan nilai N_i

Quest. type	#of ques. (N_i)	Question #	O	I	D	M	T	P	W
<i>Man</i>									
From motion	11	2	0	0,36	0,73	0,91	0	0,55	0,91
From defects	9	3	0,67	0,67	1,11	0,67	0,89	0	0,67
From motion	11	4	0	0,36	0,73	0,91	0	0,55	0,91

6. Menghitung total skor untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* (berdasarkan tabel 2.4), dan frekuensi (f_j) untuk nilai bobot pada kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol).

Dengan persamaan:

$$s_j = \sum_{K=1}^K X_K \times \frac{W_{j,k}}{N_i}$$

; untuk tiap jenis tipe *waste* j (2)

Dimana s_j adalah total untuk nilai bobot *waste*, dan X_k adalah nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuisioner (1, 0,5, atau 0).

7. Menghitung indikator awal untuk tiap *waste* (Y_j). Indikator ini hanya berupa angka yang masih belum merepresentasikan bahwa tiap jenis *waste* dipengaruhi jenis *waste* lainnya.

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \quad ; \text{ untuk tiap jenis tipe } waste \text{ j} \quad (3)$$

8. Menghitung nilai *final waste factor* (Y_{jfinal}) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antar jenis *waste* (P_j) berdasarkan total “From” dan “To” pada WRM. Kemudian mempersentasekan bentuk *final waste factor* yang diperoleh sehingga bisa diketahui peringkat *level* dari masing-masing *waste*.

$$Y_{jfinal} = Y_j \times P_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times P_j \quad ; \text{ untuk tiap jenis tipe } waste \text{ j} \quad (4)$$

2.4 Konsep Value Stream Mapping

Value Stream Mapping adalah suatu alat yang ideal sebagai langkah awal dalam melakukan proses perubahan untuk mendapatkan kondisi *lean manufacturing* atau *lean enterprises* (Goriwondo et al, 2011). *Value stream* didefinisikan sebagai aktivitas khusus didalam suatu *supply chain* yang diperlukan untuk perancangan, pemesanan dan penetapan suatu spesifik produk atau *value* (Hines and Taylor, 2000).

Value stream mapping (VSM) adalah *tools* untuk mengidentifikasi aktivitas yang *value added* dan *non-value added* pada industri manufaktur, sehingga mempermudah untuk mencari akar permasalahan pada proses (McWilliams and Tetteh, 2008). *Tool* ini mampu menunjukkan *error* dalam suatu gambaran pada *current state system* dan digunakan untuk membuat kondisi yang ideal pada *future state system*. *Value stream mapping* juga merupakan suatu *mapping tool* yang digunakan untuk menggambarkan jaringan *supply chain*.

VSM memetakan tidak hanya aliran material tetapi juga aliran informasi yang menandakan dan mengontrol aliran material. Jalur aliran material dari suatu produk ditelusuri balik dari operasi akhir dan perjalanannya ke lokasi penyimpanan *raw material*. Aliran ini

menggambarkan representasi fasilitas proses dari implementasi lean dengan cara membantu mengidentifikasi tahapan-tahapan *value-added* pada suatu *value stream*, dan mengeliminasi tahapan-tahapan *non-value added* atau *waste (muda)*.

Value stream mapping terdiri dari 2 tipe (Tilak et al), yaitu :

1. *Current state map* merupakan konfigurasi *value stream* produk saat ini, menggunakan ikon dan terminologi spesifik untuk mengidentifikasi *waste* dan area untuk perbaikan atau peningkatan (*improvement*)
2. *Future state map* merupakan cetak biru untuk transformasi *lean* yang diinginkan di masa yang akan datang.

Kedua tipe diatas mengindikasikan semua informasi penting terkait *value stream* produk seperti *cycle time*, *level inventori*, dan lain-lain yang akan membantu untuk membuat perbaikan yang nyata.

Indeks pengukuran atau indikator performance dari VSM adalah kualitas, biaya, dan *lead time* (Wee, H.M and Simon Wu, 2009), secara detail diantaranya yaitu:

1. FTT (*first time through*): persentase unit yang diproses sempurna dan sesuai dengan standard kualitas pada saat pertama proses (tanpa *scrap*, *rerun*, *retest*, *repair* atau *returned*)
2. BTS (*build to schedule*): pembuatan penjadwalan untuk melihat eksekusi rencana pembuatan produk yang tepat pada waktu dan urutan yang benar.
3. DTD (*dock to dock time*): waktu antara *unloading raw material* dan selesainya produk jadi untuk siap dikirim.
4. OEE (*overall equipment effectiveness*): mengukur ketersediaan, efisiensi dan kualitas dari suatu peralatan dan juga sebagai batasan utilisasi kapasitas dari suatu operasi.
5. *Value rate (ratio)*: persentase dari seluruh kegiatan yang *value added*
6. Indikator lainnya:
 - *A/T: Available Time* = Total waktu kerja – waktu istirahat
 - *T/T: Takt Time* = *Available Time*/Volume Produksi
 - *C/T: Cycle Time* = (*Available Time* – Rataan *Downtime* – *Defect time*)/Volume produksi
 - *W/T : Working Time* = waktu kerja dari setiap operator

- VA: waktu yang *value added*
- NVA : waktu yang *non-value added* (termasuk *waste*)

2.5 Value Stream Mapping Tools

Terdapat 7 macam *detailed mapping tools* yang paling umum digunakan (Hines and Rich, 1997), yaitu:

1. Process Activity Mapping (PAM)

Tool ini dipergunakan untuk mengidentifikasi *lead time* dan produktivitas baik aliran produk fisik maupun aliran informasi, tidak hanya dalam ruang lingkup perusahaan maupun juga pada area lain dalam *supply chain*. Konsep dasar dari *tools* ini adalah memetakan setiap tahap aktivitas yang terjadi mulai dari operasi, transportasi, inspeksi, *delay*, dan *storage*, kemudian mengelompokkannya ke dalam tipe-tipe aktivitas yang ada mulai dari *value adding activities* (VA), necessary but non-value adding activities (NNVA), dan non-value adding activities (NVA). Tujuan dari pemetaan ini adalah untuk membantu memahami aliran proses, mengidentifikasi adanya pemborosan, mengidentifikasi apakah suatu proses dapat diatur kembali menjadi lebih efisien, mengidentifikasi perbaikan aliran penambahan nilai. Ada lima tahap pendekatan dalam *process activity mapping* secara umum :

1. Memahami aliran proses
2. Mengidentifikasi pemborosan
3. Mempertimbangkan apakah proses dapat disusun ulang pada rangkaian yang lebih efisien
4. Mempertimbangkan aliran yang lebih baik, melibatkan aliran *layout* dan *route* transportasi yang berbeda
5. Mempertimbangkan apakah segala sesuatu yang telah dilakukan pada tiap *stage* benar-benar perlu dan apa yang akan terjadi jika hal-hal yang berlebihan tersebut dihilangkan.

2. Supply Chain Response Matrix (SCRM)

Merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara inventori dan *lead time* pada jalur distribusi, sehingga dapat diketahui adanya peningkatan maupun penurunan tingkat persediaan pada waktu distribusi pada tiap area *supply chain*. Dari fungsi yang diberikan, selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan manajemen untuk menaksir

kebutuhan stok apabila dikaitkan pencapaian *lead time* yang pendek. Tujuannya untuk memperbaiki dan mempertahankan tingkat pelayanan setiap jalur distribusi dengan biaya rendah.

3. *Production Variety Funnel* (PVF)

Merupakan teknik pemetaan visual dengan memetakan jumlah variasi produk pada tiap tahapan proses manufaktur. *Tools* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik dimana sebuah produk *generic* diproses menjadi beberapa produk yang spesifik. Selain itu, *tools* ini juga dapat digunakan untuk menunjukkan area *bottleneck* pada desain proses untuk merencanakan perbaikan kebijakan inventori.

4. *Quality Filter Mapping* (QFM)

Merupakan *tool* yang digunakan untuk mengidentifikasi letak permasalahan cacat kualitas pada rantai suplai yang ada. *Tools* ini mampu menggambarkan 3 tipe cacat pada kualitas, yakni *product defect* (cacat fisik produk) yang lolos ke *customer* karena tidak berhasil diseleksi pada saat proses inspeksi, *scrap defect* (cacat masih berada dalam internal perusahaan, sehingga berhasil diseleksi dalam tahap inspeksi), dan *service defect* (permasalahan yang dirasakan *customer* berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan).

5. *Demand Amplification Mapping* (DAM)

Peta yang digunakan untuk memvisualisasikan perubahan *demand* disepanjang rantai suplai. Fenomena ini menganut *low of industrial dynamics*, dimana *demand* yang ditransmisikan disepanjang rantai suplai melalui rangkaian kebijakan *order* dan inventori akan mengalami variasi yang semakin meningkat dalam setiap pergerakannya mulai dari *downstream* sampai dengan *upstream*. Dari informasi tersebut dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dan analisa lebih lanjut baik untuk mengantisipasi adanya perubahan permintaan mengelola fluktuasi, serta evaluasi kebijakan inventori.

6. *Decision Point Analysis* (DPA)

Menunjukkan berbagai pilihan sistem produksi yang berbeda, dengan *trade off* antara *lead time* masing-masing pilihan dengan tingkat inventori yang diperlukan untuk meng-cover selama proses *lead time*. *Decision point analysis* merupakan titik dalam *supply chain* dimana permintaan aktual memberikan kesempatan untuk mem-forecast driven push.

7. *Physical Structure* (PS)

Merupakan sebuah *tool* yang digunakan untuk memahami kondisi rantai suplai di lantai produksi. Hal ini diperlukan untuk memahami kondisi industri itu, bagaimana operasinya,

dan dalam mengarahkan perhatian pada area yang mungkin belum mendapatkan perhatian yang cukup untuk pengembangan.

Pada tabel 2.5 berikut ditunjukkan korelasi dan kegunaan dari tiap *value stream mapping tools* terhadap tiap jenis *waste*.

Tabel 2.7 *Value Stream Mapping Tools* (Hines & Rich, 1997)

Wastes / Structure	Mapping Tools						
	Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure (a) Volume (b) Value
Overproduction	L	M		L	M	M	
Time Waiting	H	H	L		M	M	
Transport	H						L
Inappropriate Processing	H		M	L		L	
Unnecessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Motion	H	L					
Product Defects	L			H			
Overall Structure	L	L	M	L	H	M	H
Origin of Tool	Industrial Engineering	Time compression/ Logistics	Operations Management	New Tool	Systems Dynamics	Efficient Consumer Response / Logistics	New Tool
Notes: H = High correlation and usefulness M = Medium correlation and usefulness L = Low correlation and usefulness							

Catatan:

H → faktor pengali = 9

M → faktor pengali = 3

L → faktor pengali = 1

Selain tujuh *tools* diatas, ada beberapa *tools* tambahan untuk melengkapi *Value Stream Mapping tools* untuk mendapatkan analisa yang lebih detail (Tilak et al).

1. *Value Analysis Time Profile*

Merupakan *tool* untuk menganalisis *waste* relatif dan nilai total biaya produk dari waktu ke waktu.

2. *Overall Supply Chain Relationship Mapping*

Merupakan *tool* untuk mengidentifikasi masalah didalam *supply chain* khususnya karena sumber variasi internal.

3. *Supply Chain Relationship Mapping*

Merupakan *tool* yang menggambarkan interaksi utama dan hubungan antara departemen yang berbeda, dengan tujuan untuk memahami relasi antar departemen dan mengidentifikasi adanya resistensi terhadap perubahan.

4. *Pareto Analysis*

Merupakan *tool* yang digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan.

5. Simulasi

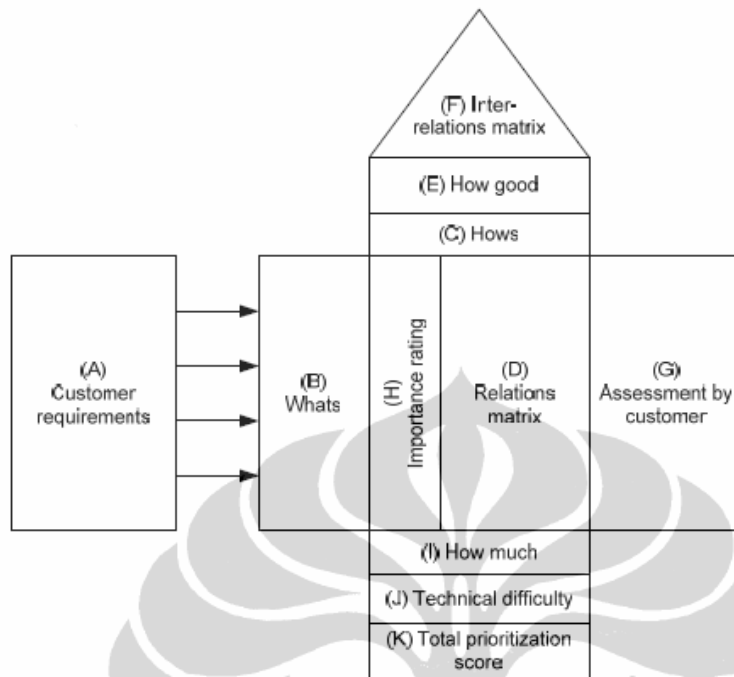
Simulasi dapat digunakan untuk membuktikan *future state* VSM dengan berbagai produk pada *line* yang sama dengan waktu proses yang berbeda dan fluktuasi permintaan.

Pengembangan modul VSM dilakukan pada *software* Arena dengan aplikasi diskrit (Sean M. Gahagan, 2007). Arena dipilih karena mampu menggabungkan data organisasi dan presentasi visual. Tampilan Arena secara visual mirip dengan *value stream map*. Pada tampilan Arena, model simulasi disajikan secara grafis, dalam format yang menarik dan mudah disunting ke dalam dokumen atau *slide* presentasi. Model juga bisa direpresentasikan sebagai lembaran, sehingga memudahkan untuk dianalisa.

2.6 Konsep *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT)

Value stream analysis tools (VALSAT) adalah suatu metodologi dinamis untuk membuat *value stream* yang efektif. Pendekatan VALSAT berasal dari pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD). Ada beberapa kelebihan dari pendekatan VALSAT yang diantaranya adalah :

1. Memasukkan minimal dua level dari *value stream* dalam proses analisisnya
2. Suatu pendekatan yang kuat dengan memberikan suatu pengukuran subyektif dan obyektif yang dikombinasikan
3. Bisa diterapkan diberbagai posisi dalam *value stream*
4. Berguna sabagai satu skenario *tool* perencanaan secara khusus dimana jika ada suatu jaringan kompleks dari hubungan *value stream* yang sulit untuk dipisahkan.
5. Memberikan kesempatan untuk menganalisa bagaimana terobosan utama bisa dicapai sehingga akan menyulitkan kompetitor untuk menirunya.



Gambar 2.3 Value stream analysis tool control matrix

Berdasarkan hasil studi dan observasi terhadap aplikasi *value stream mapping* pada 4 tipe industri didapatkan rangkuman sebagai berikut.

Tabel 2.8 Rangkuman Aplikasi *Value Stream Mapping* (Tilak et al)

Tipe Industri	Manufaktur (Baja)	Komponen Elektronik	Manufaktur (Pesawat terbang)	Manufaktur (Otomotif)
Unit Improvement	Supply Chain	Supply Chain	Door-to-Door	Door-to-Door
Tuntutan Perubahan (cth. pemicu perubahan)	Benchmarking ke manufaktur kendaraan yang diindikasikan impor dapat mereduksi biaya 40%	Tidak Spesifik	<ul style="list-style-type: none"> Perubahan TAKT time Kekuatan pelanggan untuk memindahkan operasi 	<ul style="list-style-type: none"> Kebutuhan peningkatan profit Level scrap yang tinggi
Mapping Tools	<ul style="list-style-type: none"> PAM DAM 	<ul style="list-style-type: none"> PAM SCRM DAM QFM DPA 	Tidak Spesifik	Tidak Spesifik
Pencantuman Current dan Future State Map	Current dan Future State Map terdefiniskan	Tidak dimasukkan	Current dan Future State Map terdefiniskan	Current dan Future State Map terdefiniskan
Konsep Lean/Tools	<ul style="list-style-type: none"> Kanban Supermarket Aliran kontinu dengan FIFO Memperkenalkan Electronic Data Interchange (EDI) 	<ul style="list-style-type: none"> Milkrun Memperkenalkan Electronic Data Interchange (EDI) 	<ul style="list-style-type: none"> Kanban Aliran kontinu dengan FIFO 	<ul style="list-style-type: none"> Kanban Visualisasi Pabrik
Dukungan infrastruktur untuk inisiatif perubahan	<ul style="list-style-type: none"> Program kepedulian senior manajemen Perwakilan dari setiap pabrik terlibat untuk membentuk tim mapping 	<ul style="list-style-type: none"> Dewan peminan yang dipimpin oleh kepala pembelian strategis Cross-functional tim Dukungan untuk tim Cross-functional Menggunakan konsultan eksternal 	Tidak Spesifik	Wakil Presiden secara langsung mengendalikan upaya perubahan
Fitur/tools tambahan untuk implementasi		<ul style="list-style-type: none"> Co-manajemen inventori Sertifikasi internal 	Rotasi Karyawan (res:inukturisasi karyawan)	Transisi ke bentuk sel "U"
Hasil Perolehan	Dari 49-56 hari menjadi 11,5 hari	Dari 8 hari menjadi 7 hari	Dari 64 hari menjadi 55 hari	Dari 8,5 hari menjadi 4 hari
Lead Time	Dari 7262 detik menjadi 6902 detik	Tidak Spesifik	Dari 9 hari menjadi 8 hari	Konstan
Cycle Time	Tidak Spesifik	Meningkat sebesar 25%	Tidak Spesifik	Tidak Spesifik
Inventor Turnovers				
Rentang waktu untuk realisasi perbaikan	Tidak Spesifik (3 bulan dari aktivitas VSM)	Tidak Spesifik	1,5 Tahun	1 Tahun

Dari tabulasi diatas terlihat bahwa aplikasi *value stream mapping* dapat dilakukan diberbagai tipe industri dengan hasil peningkatan performansi yang cukup signifikan.

BAB III

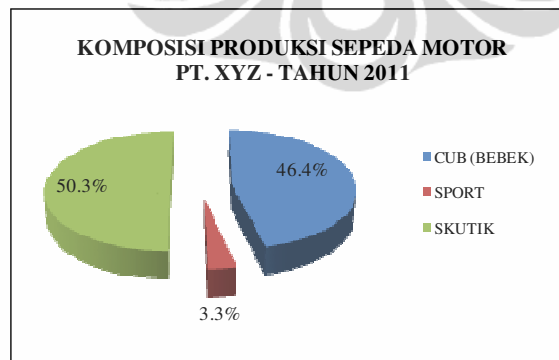
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan diuraikan mengenai proses serta hasil dari pengumpulan dan pengolahan data sesuai dengan metodologi penelitian. Data yang dikumpulkan berasal dari proses wawancara, kuisisioner, dokumentasi perusahaan, dan pengukuran secara langsung.

3.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. XYZ merupakan produsen sepeda motor pertama dan terbesar di Indonesia yang berdiri sejak tahun 1971. Pada tahun 2011, kapasitas produksi sepeda motor yang terpasang adalah sebesar 4,3 juta unit per tahun atau sekitar 16.000 unit per hari. Untuk pencapaian produksi ini perusahaan didukung beberapa fasilitas produksi yaitu 3 pabrik perakitan, pabrik *dies & mould*, dan yang terbaru pabrik *cast wheel*.

PT. XYZ memproduksi 3 tipe sepeda motor yaitu tipe *cub* (bebek) yang terdiri dari 10 model, tipe *sport* yang terdiri dari 5 model, dan tipe skutik (*skuter matic*) yang terdiri dari 12 model. Adapun komposisi produksi sepeda motor tahun 2011 yang mengacu pada permintaan pasar, digambarkan dalam *pie chart* sebagai berikut.

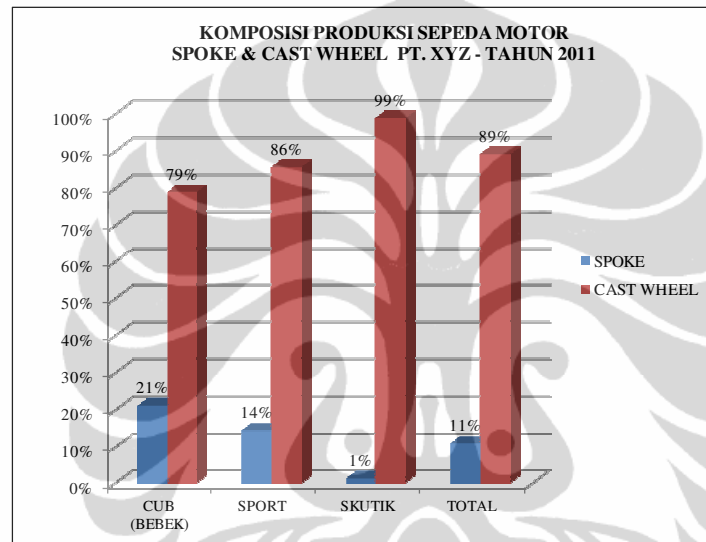


Gambar 3.1 Komposisi Produksi Sepeda Motor PT. XYZ – Tahun 2011

Komposisi permintaan sepeda motor berdasarkan tipe secara berurutan adalah skutik 50.3%, tipe *cub* 46.4%, dan tipe *sport* 3.3%. Permintaan *customer* cenderung mulai beralih

dari tipe *cub* (bebek) ke tipe skutik karena kemudahan dalam penggunaannya dan tampilan yang lebih menarik.

Kecenderungan permintaan *customer* pada setiap tipe sepeda motor juga mulai beralih dari penggunaan roda dengan *speke* (jari-jari) menjadi dominan menggunakan roda dengan *velg racing* (*cast wheel*). Berikut gambaran komposisi produksi sepeda motor yang menggunakan roda dengan *speke* (jari-jari) dan *cast wheel* (*velg racing*) berdasarkan tipe sepeda motor pada tahun 2011.



Gambar 3.2 Komposisi Produksi Sepeda Motor *Spoke & Cast Wheel* PT. XYZ – Tahun 2011

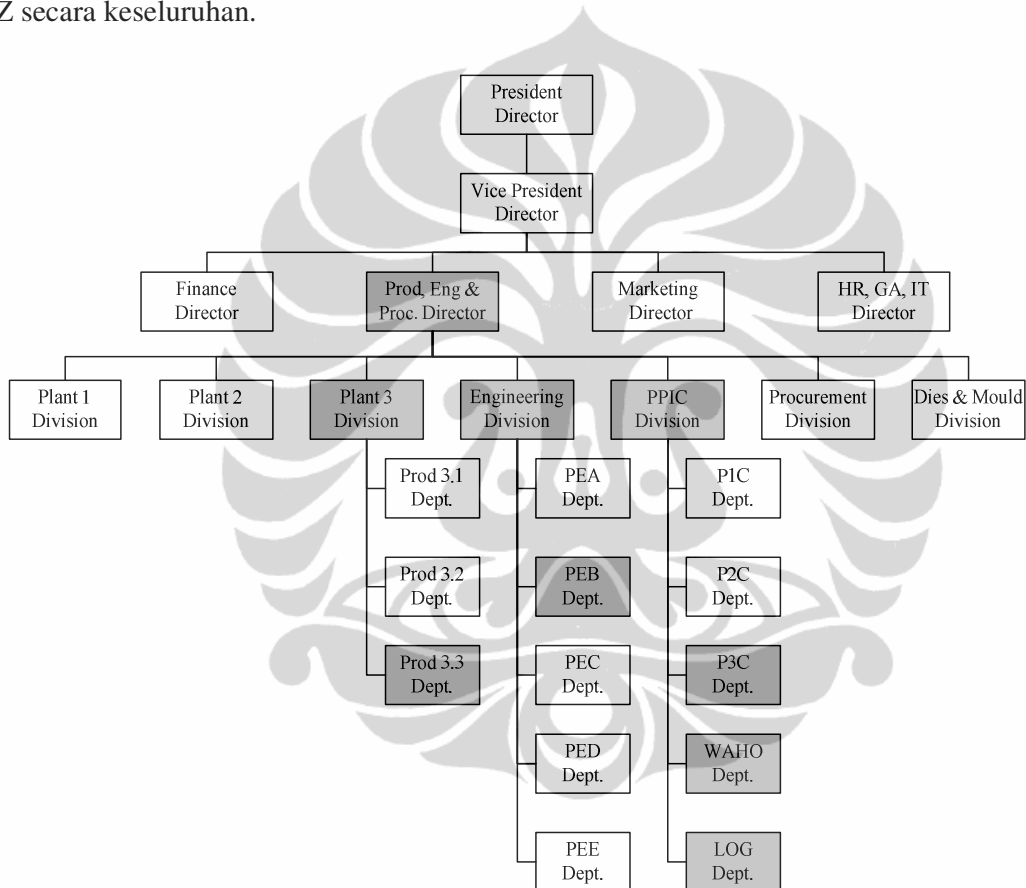
Berdasarkan data diatas terlihat bahwa secara total dari semua tipe sepeda motor yang diproduksi dan dijual ke pasaran 89% diantaranya menggunakan roda dengan *velg racing* (*cast wheel*). Peningkatan permintaan sepeda motor yang menggunakan roda dengan *cast wheel* (*velg racing*) dan dampak keterbatasan *supply* dari *vendor* mendorong perusahaan mendirikan pabrik untuk produksi *cast wheel*.

Pada April 2009, PT. XYZ mendirikan pabrik *cast wheel* di kawasan industri Cikarang, Jawa Barat. Pabrik *cast wheel* dibangun dengan kapasitas awal produksi terpasang sebesar 2.400 set per hari. Saat ini, pabrik *cast wheel* PT. XYZ memproduksi dua tipe *cast wheel* yaitu tipe A (*Front Wheel* dan *Rear Wheel*) dan tipe B (*Front Wheel* dan *Rear Wheel*)

3.1.1 Struktur Organisasi

Struktur organisasi dan sistem manajemen PT.XYZ dijalankan secara sentralisasi. Seluruh operasional pada setiap pabrik termasuk pabrik *cast wheel* berada langsung dibawah *Production, Engineering, dan Procurement Director*.

Secara operasional pabrik *cast wheel* dijalankan oleh tiga fungsi yaitu fungsi Produksi, fungsi *Engineering*, dan fungsi PPIC. Berikut gambaran struktur organisasi PT. XYZ secara keseluruhan.



Gambar 3.3 Struktur Organisasi PT. XYZ

Adapun fungsi dari ketiga divisi yang mengelola operasional pabrik *cast wheel* adalah sebagai berikut:

1) *Plant 3 Division* (Bagian Produksi)

Berfungsi menjalankan operasional proses produksi sesuai dengan standar kualitas dan proses yang telah ditetapkan untuk mencapai target produksi yang direncanakan.

2) *Engineering Division*

Berfungsi mendesain aliran proses dan melakukan *maintenance* seluruh peralatan agar proses produksi berjalan dengan lancar.

3) *PPIC Division*

Berfungsi membuat perencanaan dan jadwal produksi, melakukan proses pengadaan material, pengelolaan material dan produk akhir dari setiap proses produksi.

3.1.2 Gambaran Umum Proses Produksi *Cast Wheel*

Secara umum proses produksi *cast wheel* melalui tiga tahapan proses utama yaitu proses *casting*, proses *machining*, dan proses *painting*. Berikut adalah gambaran aliran proses produksi *cast wheel* beserta penjelasannya.



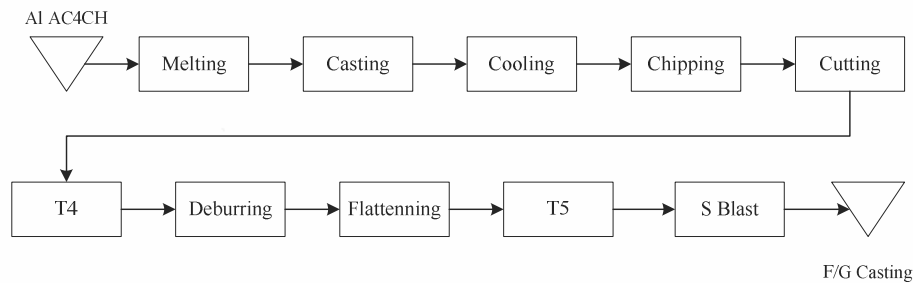
Gambar 3.4 Aliran Proses & Kapasitas Produksi *Cast Wheel*

a. *Raw Material*

Material utama untuk pembuatan *cast wheel* adalah *Aluminium Ingot* seri AC4CH yang diimpor dari Bahrain dan Qatar. Pengelolaan material ini dilakukan oleh bagian *Warehouse Department*. *Standar using material* untuk *cast wheel* adalah 20 kg/set. Selain itu, terdapat beberapa material pendukung untuk proses produksi *cast wheel* diantaranya pasir resin dan beberapa zat aditif lainnya yang berfungsi sebagai katalisator ataupun stabilisator dalam proses produksi.

b. *Proses Casting*

Sistem produksi *casting* merupakan produksi *batch* dengan menggunakan teknologi *Gravity Die Casting* (GDC). Kapasitas produksi *Gravity Die Casting* dapat mencapai 3.000 set per hari. Berikut adalah gambaran aliran proses *Gravity Die Casting*.



F/G Casting Gambar 3.5

Aliran Proses Produksi *Casting*

Proses *casting* ini relatif stabil dalam memenuhi permintaan produksi karena kapasitas produksi yang terpasang cukup tinggi dan *reject* proses bisa di-*remelting*, sehingga cukup efisien dan efektif.

c. *Proses Machining*

Proses *machining* bertujuan untuk menyempurnakan hasil proses produksi *casting* agar presisi dan sesuai standar kualitas produk baik secara dimensi dan visual. Secara umum aliran proses *machining* sebagai berikut.



Gambar 3.6 Aliran Proses Produksi *Machining*

Sistem produksi *machining* bersifat kontinu. Kapasitas produksi terpasang *machining* adalah 2.400 set per hari. Adanya peningkatan permintaan *cast wheel* mengakibatkan sering adanya kerja lembur (*overtime*) di area *machining* untuk menyesuaikan dengan penarikan proses *painting* sesuai dengan rencana pemenuhan permintaan produk.

d. *Proses Painting*

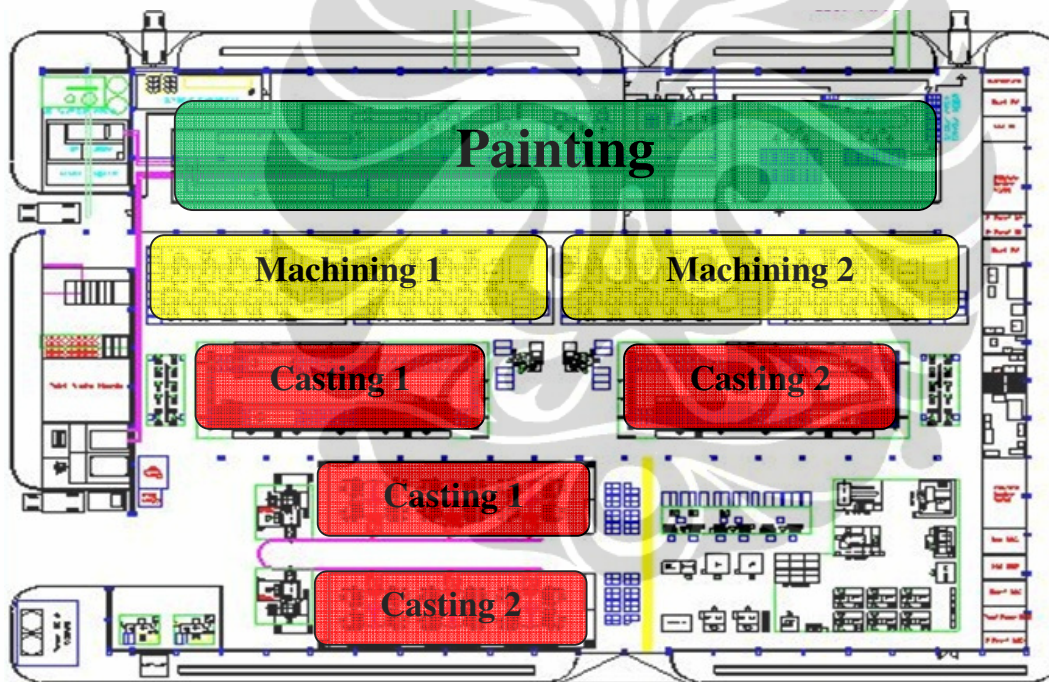
Proses *painting* merupakan proses akhir dalam produksi *cast wheel*. Sistem produksi *painting* bersifat kontinu, dimana *material finish goods machining* mengalir selama proses dengan menggunakan *hanger conveyor*. Sistem produksi *painting* menggunakan teknologi *spray* dengan robot sebagai operator. Kapasitas produksi *painting* dapat mencapai 2.600 set per hari. Proses produksi *painting* yang berjalan dengan sistem otomasi relatif sangat stabil.

e. *Delivery to Assembly*

Produk akhir *casting wheel* ditempatkan pada kereta dengan kapasitas 50 pcs per kereta dan selanjutnya dikirimkan ke pabrik perakitan dengan menggunakan truk. Pengiriman ke pabrik perakitan dilakukan dalam empat periode setiap harinya dengan kuantitas maksimal 750 set per pengiriman.

3.1.3 *Layout Pabrik Cast Wheel*

Keseluruhan proses produksi *cast wheel* berada dalam satu gedung pabrik. Proses *casting* dan *machining* memiliki dua *line* produksi yaitu *line 1* untuk tipe A dan *line 2* untuk tipe B, sedangkan untuk proses *painting* hanya terdapat 1 *line* karena proses produksinya bersifat umum (*common*) untuk tipe A dan tipe B. Berikut adalah gambaran *layout* pabrik *cast wheel* secara keseluruhan.



Gambar 3.7 *Layout Pabrik Cast Wheel* Secara Keseluruhan

Metode *handling* antar proses produksi dilakukan secara manual dengan menggunakan alat bantu berupa kereta. Selain itu, kereta ini juga berfungsi sebagai sarana penyimpanan dan penempatan *part* untuk proses berikutnya atau *delivery* ke area perakitan.

3.1.4 *Kapasitas Produksi & Permintaan Cast Wheel*

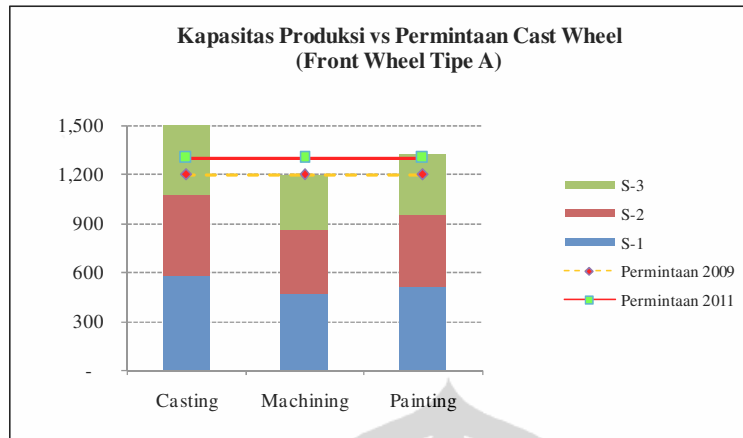
Pabrik *cast wheel* dibangun dengan kapasitas awal 2.400 set per hari untuk produksi dua tipe *cast wheel* yaitu tipe A sebanyak 1.200 set per hari dan tipe B sebesar 1.200 set per hari. Berikut adalah perhitungan kapasitas produksi dan produk *cast wheel* untuk tipe A dan B dari tiap proses produksi.

Tabel 3.1 Perhitungan Kapasitas Produksi Cast Wheel

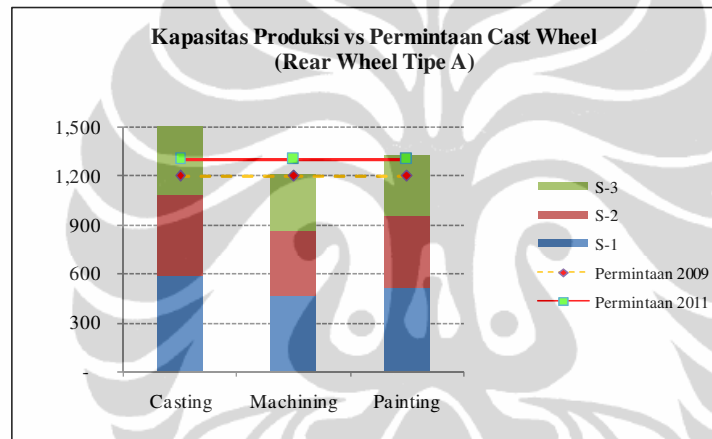
No	Tipe	Proses	Produk	Line Produksi	Waktu Tersedia (detik)				Loss Time	Waktu Efektif (detik)	Cycle Time (detik)	Kapasitas (pcs)
					S1	S2	S3	Total				
1	A	Casting	Front Wheel	Line 1	27.600	24.000	20.400	72.000	25%	54.000	36,00	1.500
2	A	Casting	Rear Wheel	Line 1	27.600	24.000	20.400	72.000	25%	54.000	35,60	1.517
3	A	Machining	Front Wheel	Line 1	27.600	24.000	20.400	72.000	15%	61.200	51,00	1.200
4	A	Machining	Rear Wheel	Line 1	27.600	24.000	20.400	72.000	15%	61.200	50,80	1.205
5	A	Painting	Front Wheel	All	27.600	24.000	20.400	72.000	5%	68.400	51,50	1.328
6	A	Painting	Rear Wheel	All	27.600	24.000	20.400	72.000	5%	68.400	51,50	1.328
Total										Front Wheel	138,50	1.200
Total										Rear Wheel	137,90	1.205
7	B	Casting	Front Wheel	Line 2	27.600	24.000	20.400	72.000	25%	54.000	37,00	1.459
8	B	Casting	Rear Wheel	Line 2	27.600	24.000	20.400	72.000	25%	54.000	36,00	1.500
9	B	Machining	Front Wheel	Line 2	27.600	24.000	20.400	72.000	15%	61.200	50,50	1.212
10	B	Machining	Rear Wheel	Line 2	27.600	24.000	20.400	72.000	15%	61.200	49,00	1.249
11	B	Painting	Front Wheel	All	27.600	24.000	20.400	72.000	5%	68.400	51,50	1.328
12	B	Painting	Rear Wheel	All	27.600	24.000	20.400	72.000	5%	68.400	51,50	1.328
Total										Front Wheel	139,00	1.212
Total										Rear Wheel	136,50	1.249

Berdasarkan tabel 3.1 diatas terlihat bahwa kapasitas terkecil terdapat pada proses *machining* yaitu untuk tipe A sebesar 1200 – 1205 pcs dan untuk tipe B sebesar 1212 – 1249 pcs.

Adanya peningkatan permintaan *cast wheel* pada tipe A di awal tahun 2011 dari 1.200 set menjadi 1.300 set per hari atau melebihi desain awal kapasitas pabrik *cast wheel* menimbulkan *bottleneck* di proses *machining*. Berikut adalah gambaran grafik perbandingan kapasitas produksi dengan permintaan *cast wheel* untuk tipe A pada tahun 2009 dan tahun 2011.



Gambar 3.8 Grafik Produksi vs Permintaan *Cast Wheel* (Front Wheel Tipe A)



Gambar 3.9 Grafik Produksi vs Permintaan *Cast Wheel* (Rear Wheel Tipe A)

Dari grafik diatas terlihat bahwa kapasitas produksi *machining* maksimal mencapai 1.200 set per hari atau kurang sekitar 100 set per hari dari permintaan *customer*.

Manajemen perusahaan melakukan pengatasan sementara permasalahan tersebut dengan melakukan *overtime* atau kerja lembur untuk proses *machining* pada hari sabtu dan/atau minggu.

3.2 Value Stream Mapping Machining Cast Wheel

Value Stream Mapping (VSM) merupakan *tool* untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan dan *value stream* yang ada didalamnya. Dari *tool* ini akan didapatkan aliran fisik

dan informasi yang akan digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan yang terjadi. Langkah awal dalam pembuatan *Value Stream Mapping* adalah dengan penjelasan aliran informasi dan fisik untuk pemenuhan permintaan *finish goods machining cast wheel*. Pengembangan *value stream* pada proses *machining cast wheel* bertujuan untuk mengoptimalkan proses produksi *machining*, sehingga dapat menghilangkan *bottleneck* pada proses produksi *cast wheel* secara keseluruhan dan memenuhi permintaan produk.

3.2.1 Aliran Informasi

Aliran informasi pemenuhan permintaan *finish goods machining cast wheel* dibuat berdasarkan observasi (studi lapangan) dan wawancara dengan pihak-pihak terkait. Penggambaran aliran informasi dilakukan untuk keseluruhan pihak yang terkait dalam pemenuhan permintaan. Adapun gambaran aliran informasi khusus untuk pemenuhan *finish goods machining cast wheel* adalah sebagai berikut.

- 1) Aliran informasi permintaan *finish goods machining cast wheel* diawali dari permintaan produksi oleh bagian PPIC yang didasarkan pada permintaan produk *cast wheel* melalui *Master Production Schedule* (MPS). MPS akan menjadi dasar dari setiap bagian dalam proses untuk merencanakan jadwal proses produksinya.
- 2) Berdasarkan MPS tersebut, *Production Control* (PC) proses *machining* membuat rencana produksi *machining* selama satu bulan sesuai dengan kapasitas produksi dan hari kerja yang tersedia.
- 3) Rencana produksi *machining* ini diberikan kepada bagian produksi untuk ditindak lanjuti dan dijadikan acuan dalam proses produksi harian.
- 4) Bagian produksi melaporkan pencapaian produksi harian ke *Production Control* (PC) beserta analisa dan tindakan perbaikan jika terdapat penyimpangan atau minus produksi.

3.2.2 Aliran Fisik

Aliran fisik atau material yang terjadi selama proses *machining cast wheel* bersifat kontinu. Proses *machining* dilakukan secara semi otomatis dan manual oleh operator produksi. Berikut adalah penjabaran proses produksi *machining cast wheel* untuk *front cast wheel* dan *rear cast wheel*.

3.2.2.1 Aliran Fisik Proses *Machining Front Cast Wheel*

Aliran fisik untuk proses *machining front cast wheel* adalah sebagai berikut.

- 1) Produk akhir (*finish goods*) dari proses *casting* merupakan inputan (*raw material*) untuk proses *machining*. *Finish goods casting (F/G casting)* ditempatkan di area stock *Work In Process (WIP) machining* dengan menggunakan kereta berkapasitas 50 pcs/kereta.
- 2) Proses pertama dalam produksi *machining front cast wheel* adalah *Pre Turning*. *Pre Turning* merupakan proses pembubutan pada benda kerja untuk membuat dudukan *part* yang akan digunakan pada proses-proses berikutnya. Terdapat 1 mesin untuk proses *Pre Turning* yang dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *Pre Turning* ini disebut dengan OP 10
- 3) Setelah proses *Pre Turning*, part atau benda kerja diproses *facing* dan *boring* pada mesin *NC Lathe*. Untuk proses *facing* dan *boring* terdapat 3 mesin *NC Lathe* yang dioperasikan oleh 2 *man power*. Proses *facing* dan *boring* ini disebut dengan OP 20.
- 4) Part hasil proses *facing* dan *boring* selanjutnya diproses *turning* dan *facing* pada mesin *NC Lathe*. Untuk proses *turning* dan *facing* ini terdapat 4 mesin *NC Lathe* ini yang dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *turning* dan *facing* ini disebut dengan OP 30.
- 5) Setelah melalui proses *turning* dan *facing*, part kemudian diinspeksi dengan menggunakan mesin *leak tester*. Inspeksi ini dilakukan 100% untuk mengecek kebocoran dari part. Mesin *leak tester* berjumlah 1 unit dan dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *leak test* ini disebut dengan OP 40.
- 6) Setelah proses inspeksi kebocoran, part kemudian diproses *drill* dan *tapping* dengan menggunakan mesin *tapping center*. Mesin *tapping center* berjumlah 1 unit dan dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *drill* dan *tapping* ini disebut dengan OP 50.
- 7) Part selanjutnya diproses *milling* dengan menggunakan mesin *TC Mill*. Mesin *TC Mill* berjumlah 1 unit dan dioperasikan juga oleh operator mesin *tapping center*. Proses *milling* ini disebut dengan OP 60.

- 8) Hasil proses *milling* selanjutnya diproses *cleaning* pada mesin *washing*. Mesin *washing* berjumlah 1 unit dan dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *cleaning* ini disebut dengan OP 70.
- 9) Proses *machining* yang terakhir adalah inspeksi atau pengecekan kualitas. Pengecekan ini dilakukan secara visual oleh *man power* yang berkompeten dengan mengacu pada standar kualitas yang ditetapkan. Proses pengecekan kualitas ini disebut dengan OP 80.
- 10) Setelah melalui proses pengecekan visual, part hasil proses *machining* atau disebut dengan *finish goods machining (F/G machining)* ditempatkan pada kereta. Kereta yang sudah terisi penuh selanjutnya ditempatkan di area *stock finish goods machining* untuk menunggu penarikan oleh proses *painting*. Kapasitas kereta *finish goods machining* adalah 50 pcs/kereta.

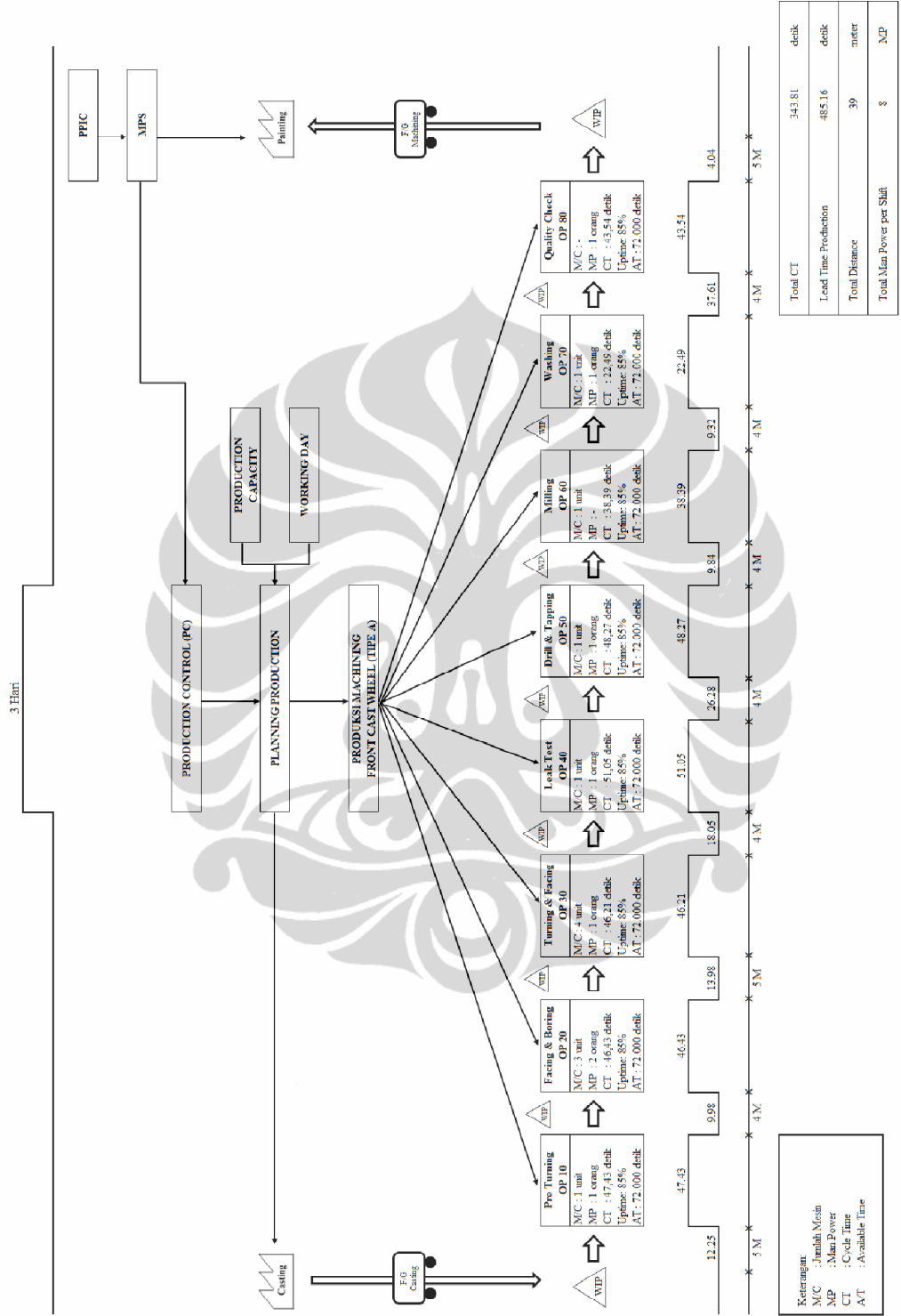
3.2.2.2 Aliran Fisik Proses *Machining Rear Cast Wheel*

Aliran fisik untuk *proses machining rear cast wheel* adalah sebagai berikut.

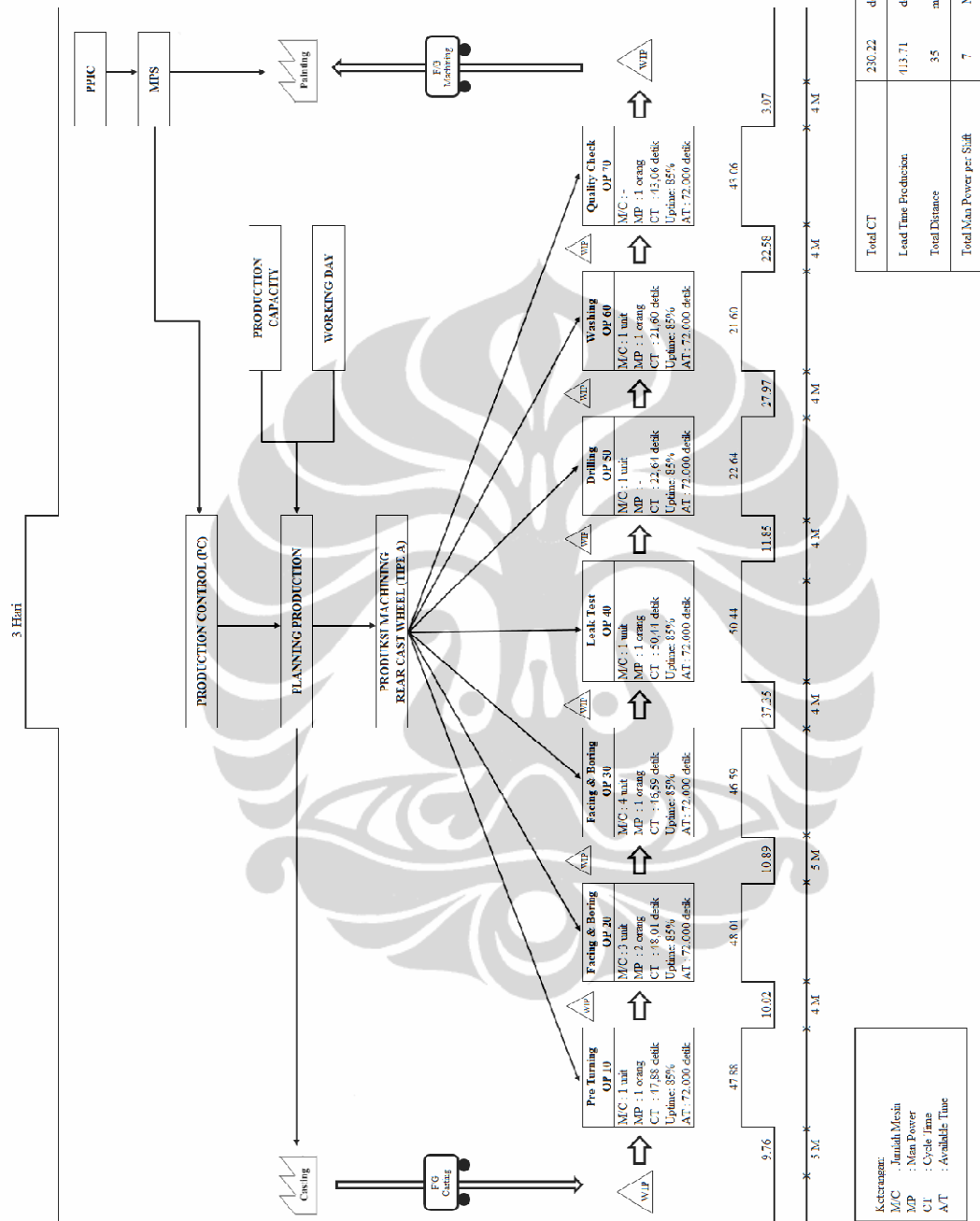
- 1) Produk akhir (*finish goods*) dari proses *casting* merupakan inputan (*raw material*) dalam proses *machining*. *Finish goods casting (F/G casting)* ditempatkan di area *stock Work In Process (WIP) machining* dengan menggunakan kereta berkapasitas 50 pcs/kereta.
- 2) Proses pertama dalam produksi *machining rear cast wheel* adalah *Pre Turning*. *Pre Turning* merupakan proses pembubutan untuk membuat dudukan *part* yang akan digunakan pada proses-proses berikutnya. Terdapat 1 mesin untuk proses *Pre Turning* yang dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *Pre Turning* ini disebut dengan OP 10.
- 3) Setelah proses *Pre Turning*, *part* atau benda kerja diproses *facing* dan *boring* pada mesin NC Lathe. Untuk proses *facing* dan *boring* terdapat 3 mesin NC Lathe yang dioperasikan oleh 2 *man power*. Proses *facing* dan *boring* ini disebut dengan OP 20.
- 4) Part hasil proses *facing* dan *boring* selanjutnya diproses *facing* dan *boring* untuk sisi lainnya pada mesin NC Lathe. Untuk proses *facing* dan *boring* ini terdapat 4 mesin NC Lathe ini yang dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *facing* dan *boring* ini disebut dengan OP 30.

- 5) Setelah melalui proses *facing* dan *boring*, *part* kemudian diinspeksi dengan menggunakan mesin *leak tester*. Inspeksi ini dilakukan 100% untuk mengecek kebocoran dari *part*. Mesin *leak tester* berjumlah 1 unit dan dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *leak test* ini disebut dengan OP 40.
- 6) Setelah proses inspeksi kebocoran, *part* kemudian diproses *drilling* dengan menggunakan mesin *drill valve*. Mesin *drill valve* berjumlah 1 unit dan dioperasikan oleh *man power* yang juga mengoperasikan *leak tester*. Proses *drilling* ini disebut dengan OP 50.
- 7) Hasil proses *drilling* selanjutnya di proses *cleaning* pada mesin *washing*. Mesin *washing* berjumlah 1 unit dan dioperasikan oleh 1 *man power*. Proses *cleaning* ini disebut dengan OP 60.
- 8) Proses *machining* yang terakhir adalah inspeksi atau pengecekan kualitas. Pengecekan ini dilakukan secara visual oleh *man power* yang berkompeten dengan mengacu pada standar kualitas yang ditetapkan. Proses pengecekan kualitas ini disebut dengan OP 70.
- 9) Setelah melalui proses pengecekan visual, *part* hasil proses *machining* atau disebut dengan *finish goods machining (F/G machining)* ditempatkan pada kereta. Kereta yang sudah terisi penuh selanjutnya ditempatkan di area stock *F/G machining* untuk menunggu penarikan oleh proses *painting*.

Gambaran *current state value stream mapping* untuk produk *front wheel* dan *rear wheel* tipe A secara jelas adalah sebagai berikut.



Gambar 3.10 Current State Value Stream Mapping Front Cast Wheel Tipe A



Gambar 3.11 Current State Value Stream Mapping Rear Cast Wheel Tipe A

3.3 Identifikasi Waste

Proses identifikasi *waste* dilakukan dengan menggunakan konsep *waste assessment model*. Pengumpulan data dilakukan dengan cara diskusi/wawancara dan menyebarkan kuisisioner pembobotan dengan bagian yang terkait dalam proses *machining cast wheel*. Diskusi dilakukan untuk menyatukan persepsi tentang pemahaman terhadap *waste* dan keterkaitan antar *waste*. Sedangkan penyebaran kuisisioner dilakukan untuk mendapatkan bobot dari *waste*. Proses diskusi dan pengisian kuisisioner melibatkan 5 karyawan setara *supervisor* yang berkompeten yaitu 2 orang dari bagian *Engineering*, 2 orang dari bagian Produksi, dan 1 orang dari bagian PPIC.

3.3.1 Seven Waste Relationship

Perhitungan keterkaitan antar *waste* dilakukan secara diskusi dengan menggunakan kriteria pembobotan yang dikembangkan oleh Rawabdeh (2005). Tabulasi detail jawaban penilaian keterkaitan *waste* dapat dilihat pada lampiran 2. Berikut tabel 3.2 adalah ringkasan hasil dari skor dan tingkat keterkaitan antar *waste* pada proses produksi *machining cast wheel*.

Tabel 3.2 Tabulasi Keterkaitan Antar Waste Machining Cast Wheel

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	17	A
2	O_D	8	O
3	O_M	6	O
4	O_T	8	O
5	O_W	8	O
6	I_O	7	O
7	I_D	10	I
8	I_M	12	I
9	I_T	10	I
10	D_O	8	O
11	D_I	12	I
12	D_M	12	I
13	D_T	14	E
14	D_W	13	E
15	M_I	7	O
16	M_D	17	A

17	M_W	11	I
18	M_P	10	I
19	T_O	4	U
20	T_I	8	O
21	T_D	9	I
22	T_M	7	O
23	T_W	8	O
24	P_O	8	O
25	P_I	3	U
26	P_D	11	I
27	P_M	10	I
28	P_W	10	I
29	W_O	4	U
30	W_I	18	A
31	W_D	9	I

3.3.2 Waste Relationship Matrix (WRM)

Berdasarkan hasil perhitungan keterkaitan *waste* pada tabel 3.2 diatas, maka dapat dibuat *Waste Relationship Matrix* (WRM) proses produksi *machining cast wheel* sebagai berikut.

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	A	O	O	O	X	O
I	O	A	I	I	I	X	X
D	O	I	A	I	E	X	E
M	X	O	A	A	X	I	I
T	U	O	I	O	A	X	O
P	O	U	I	I	X	A	I
W	U	A	I	X	X	X	A

Gambar 3.12 *Waste Relationship Matrix* (WRM) *Machining Cast Wheel*

Untuk penyederhanaan *matrix* maka dikonversikan ke dalam bentuk prosentase. *Waste Relationship Matrix* dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A= 10 ; E = 8 ; I= 6 ; O= 4 ; U= 2 dan X = 0. Berikut adalah *waste matrix value* untuk proses produksi *machining cast wheel*.

Tabel 3.3 *Waste Matrix Value Machining Cast Wheel*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Skor	%
O	10	10	4	4	4	0	4	36	15.13
I	4	10	6	6	6	0	0	32	13.45
D	4	6	10	6	8	0	8	42	17.65
M	0	4	10	10	0	6	6	36	15.13
T	2	4	6	4	10	0	4	30	12.61
P	4	2	6	6	0	10	6	34	14.29
W	2	10	6	0	0	0	10	28	11.76
Skor	26	46	48	36	28	16	38	238	100
%	10.92	19.33	20.17	15.13	11.76	6.72	15.97	100	

*keterangan A: 10, E: 8, I: 6, O: 4, U: 2, dan X: 0

3.3.3 *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)*

Nilai *waste* yang didapat dari WRM selanjutnya digunakan untuk penilaian awal WAQ berdasarkan jenis pertanyaan. Kuisisioner *assessment* ini terdiri atas 68 pertanyaan yang berbeda. Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan "From", maksudnya bahwa pertanyaan tersebut menjelaskan jenis *waste* yang ada saat ini yang dapat memicu munculnya jenis *waste* lainnya berdasarkan WRM. Pertanyaan lainnya ditandai dengan tulisan "To", maksudnya pertanyaan tersebut menjelaskan tiap jenis *waste* yang ada saat ini bisa terjadi karena dipengaruhi jenis *waste* lainnya. Tiap pertanyaan memiliki tiga pilihan jawaban dan masing-masing jawaban diberi bobot 1, 0,5 atau 0 (zero). Ada 3 jenis pilihan jawaban untuk tiap pertanyaan kuisisioner, yaitu "Ya", "Sedang", dan "Tidak". Sedangkan skor untuk ketiga jenis pilihan jawaban kuisisioner dibagi menjadi 2 kategori.

- Kategori pertama, atau kategori A adalah jika jawaban "Ya" berarti diindikasikan adanya pemborosan. Skor jawaban untuk kategori A adalah 1 jika "Ya", 0,5 jika "Sedang", dan 0 jika "Tidak".
- Kategori kedua, atau kategori B adalah jika jawaban "Ya" berarti diindikasikan tidak ada pemborosan yang terjadi.. Skor untuk jawaban kategori B adalah 0 jika "Ya", 0,5 jika "Sedang", dan 1 jika "Tidak".

Pengukuran peringkat *waste* mengikuti 8 langkah sebagai berikut.

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuisisioner berdasarkan jenis pertanyaan. Berikut tabel 3.4 merupakan hasil pengelompokan dan perhitungan jenis pertanyaan.

Tabel 3.4 Pengelompokan Jenis Pertanyaan

No	Jenis Pertanyaan (i)	Total (Ni)
1	From Overproduction	3
2	From Inventory	6
3	From Defects	8
4	From Motion	11
5	From Transportation	4
6	From Process	7
7	From Waiting	8
8	To Defects	4
9	To Motion	9
10	To Transportation	3
11	To Waiting	5
Jumlah Pertanyaan		68

2. Memberikan bobot untuk tiap pertanyaan kuisisioner berdasarkan *waste relationship matrix*. Detail tabulasi dapat dilihat pada lampiran 3. Berikut tabel 3.5 adalah ringkasan dari bobot awal kuisisioner.

Tabel 3.5 Bobot Awal Pertanyaan Kuisisioner berdasarkan WRM

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	4	6	6	10	4	6	0
2		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
3		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
4		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
5		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
6		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
...									
63	Method	From Motion	0	4	10	10	0	6	6
64		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
65		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
66		From Overproduction	10	10	4	4	4	0	4
67		From Process	4	2	6	6	0	10	6
68		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
Total Skor			222	388	510	424	262	244	354

3. Menghilangkan efek dari variasi jumlah pertanyaan untuk tiap jenis pertanyaan.
4. Menghitung jumlah skor dan frekuensi dari tiap kolom jenis *waste*

Hasil bobot pertanyaan setelah dibagi Ni beserta hasil jumlah skor dan frekuensi selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4. Berikut tabel 3.6 adalah ringkasan Bobot Pertanyaan setelah dibagi Ni (Jumlah Skor & Frekuensi)

Tabel 3.6 Bobot Pertanyaan dibagi Ni dan Jumlah Skor (Sj) & Frekuensi (Fj)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Ni	Bobot Untuk Tiap Jenis Waste (Wj, k)						
				Wo, k	Wi, k	Wd, k	Wm, k	Wt, k	Wp, k	Ww, k
1	Man	To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00
2		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
3		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
4		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
5		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
6		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
63	Method	From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
64		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
65		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
66		From Overproduction	3	3.33	3.33	1.33	1.33	1.33	0.00	1.33
67		From Process	7	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86
68		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
Skor (Sj)				42.00	64.00	80.00	62.00	52.00	34.00	54.00
Frekuensi (Fj)				57	63	68	57	42	36	50

- Memasukkan nilai dari hasil kuisisioner (1, 0,5, atau 0) kedalam tiap bobot nilai di tabel dengan cara mengalikannya
- Menghitung total skor dan frekuensi untuk tiap nilai bobot pada kolom waste

Hasil penilaian kuisisioner selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5. Rata-rata hasil penilaian kuisisioner dikalikan dengan bobot nilai. Rekap hasil perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran 6. Berikut tabel 3.7 ringkasan perhitungan bobot dikali dengan hasil penilaian kuisisioner beserta perhitungan Jumlah skor dan frekuensi.

Tabel 3.7 Perkalian antara bobot dengan hasil penilaian kuisisioner dan Jumlah Skor (sj) & Frekuensi (fj)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Rata-Rata Jawaban	Nilai Bobot Untuk Tiap Jenis Waste (W _j , k)						
				W _o , k	W _i , k	W _d , k	W _m , k	W _t , k	W _p , k	W _w , k
1	Man	To Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2		From Motion	0.30	0.00	0.11	0.27	0.27	0.00	0.16	0.16
3		From Defects	0.50	0.25	0.38	0.63	0.38	0.50	0.00	0.50
4		From Motion	0.50	0.00	0.18	0.45	0.45	0.00	0.27	0.27
5		From Motion	0.10	0.00	0.04	0.09	0.09	0.00	0.05	0.05
6		From Defects	0.50	0.25	0.38	0.63	0.38	0.50	0.00	0.50
63	Method	From Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64		From Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65		From Motion	0.30	0.00	0.11	0.27	0.27	0.00	0.16	0.16
66		From Overproduction	0.10	0.33	0.33	0.13	0.13	0.13	0.00	0.13
67		From Process	1.00	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86
68		From Defects	0.50	0.25	0.38	0.63	0.38	0.50	0.00	0.50
Skor (s _j)				13.98	21.44	29.69	21.10	17.09	13.65	21.99
Frekuensi (f _j)				48	50	55	44	33	29	40

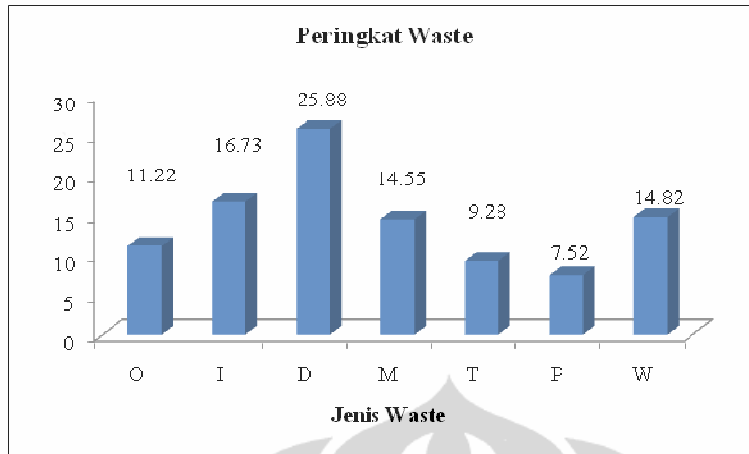
7. Menghitung indikator awal untuk tiap waste (Y_j)
8. Menghitung nilai final waste factor (Y_jfinal)

Hasil perhitungan akhir *waste assessment* dapat dilihat pada tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Hasil Perhitungan *Waste Assessment*

	O	I	D	M	T	P	W
Skor (Y _j)	0.28	0.27	0.30	0.26	0.26	0.32	0.33
P _j Faktor	165.24	259.87	355.91	228.80	148.29	96.04	187.84
Hasil Akhir (Y _j Final)	46.33	69.09	106.85	60.10	38.30	31.05	61.19
Hasil Akhir (%)	11.22	16.73	25.88	14.55	9.28	7.52	14.82
Ranking	5	2	1	4	6	7	3

Berdasarkan tabel perhitungan diatas, maka pada gambar 3.13 dapat dilihat peringkat *waste* dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 3.13 Grafik Peringkat Hasil Perhitungan *Waste Assessment*

Rekapan hasil kuisioner diatas dijadikan sebagai acuan dalam pembobotan *waste* dalam pemilihan *value stream analysis tools* yang akan digunakan.

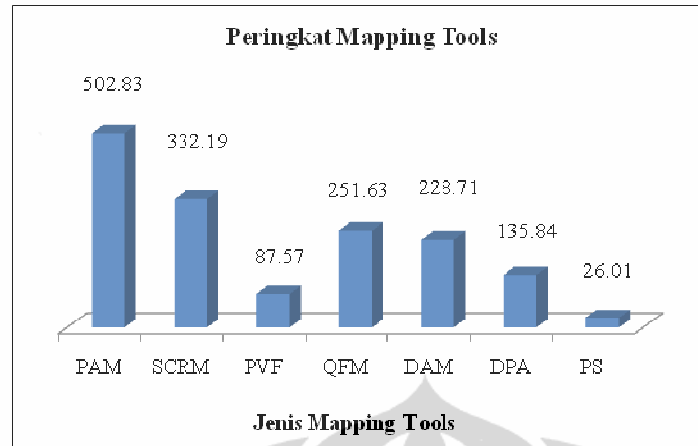
3.4 Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Konsep VALSAT digunakan dalam pemilihan *value stream analysis tools* dengan cara mengalikan hasil pembobotan *waste* dengan skala yang ada pada tabel VALSAT. Berikut adalah hasil pembobotan dengan menggunakan VALSAT.

Tabel 3.9 Hasil Pembobotan VALSAT

Waste	Weight	Mapping Tools						
		Process Activity Mapping (PAM)	Supply Chain Response Matrix (SCRM)	Prod. Variety Funnel (PVF)	Quality Filter Mapping (QFM)	Demand Amplification Mapping (DAM)	Decision Point Analysis (DPA)	Physical Structure (PS)
Over Production	11,22	11,22	33,66	0,00	11,22	33,66	33,66	0,00
Unnecessary Inventory	16,73	50,20	150,59	50,20	0,00	150,59	50,20	16,73
Defect/Reject	25,88	25,88	0,00	0,00	232,89	0,00	0,00	0,00
Unnecessary Motion	14,55	130,99	14,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Excessive Transportation	9,28	83,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,28
Inappropriate Processing	7,52	67,68	0,00	22,56	7,52	0,00	7,52	0,00
Waiting/Idle	14,82	133,39	133,39	14,82	0,00	44,46	44,46	0,00
Total		502,83	332,19	87,57	251,63	228,71	135,84	26,01

Berdasarkan perhitungan hasil VALSAT diatas maka dapat digambarkan peringkat *mapping tools* pada grafik gambar 3.14 berikut ini.



Gambar 3.14 Grafik Peringkat *Mapping Tools*

Dari peringkat *tools detail value stream mapping* diatas, maka langkah selanjutnya adalah *detail mapping* dengan menggunakan tiga *tools* dengan bobot terbesar, yaitu:

1. *Process Acitivity Mapping (PAM)*

Merupakan *tools* untuk memetakan proses secara detail dengan menggunakan simbol-simbol yang merepresentasikan aktivitas operasi, menunggu, transportasi, inspeksi, dan penyimpanan.

2. *Supply Chain Response Matrix (SCRM)*

Merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara inventori dengan *lead time* yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kenaikan atau penurunan tingkat persediaan dan panjang *lead time* pada tiap area dalam *supply chain*.

3. *Quality Filter Mapping (QFM)*

Merupakan *tools* yang digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan cacat kualitas pada *supply chain*. *Tools* ini dapat menggambarkan 3 tipe cacat *product defect* yang lolos ke *customer* karena tidak berhasil diseleksi pada saat proses inspeksi, *scrap defect* (cacat yang ditemukan pada saat inspeksi), dan *service defect* (cacat yang dirasakan *customer* dalam kualitas pelayanan).

3.5 *Detail Mapping*

Detail mapping dilakukan dengan menggunakan ketiga *tools* sebagai berikut.

3.5.1 *Process Activity Mapping (PAM)*

Process Activity Mapping digunakan untuk mengetahui proporsi dari kegiatan yang termasuk *Value Added (VA)* dan *Non Value Added (NVA)*. Peta ini mampu mengidentifikasi adanya pemborosan pada *value stream* dan mengoptimalkan proses agar lebih efisien dan efektif dengan cara simplifikasi, kombinasi ataupun eliminasi.

Untuk pembuatan *Process Activity Mapping* ini tahapannya adalah sebagai berikut:

- 1) Mencatat semua aktivitas yang dilakukan dalam proses pemenuhan permintaan *F/G machining cast wheel* yang antara lain, elemen kerja, waktu proses, jarak perpindahan, dan jumlah operator.
- 2) Mengklasifikasikan aktivitas tersebut ke dalam aktivitas *Operation (O)*, *Transport (T)*, *Inspection (I)*, *Storage (S)*, *Delay (D)* dengan pendefinisian sebagai berikut.
 - *Operation* adalah aktivitas yang memberi nilai tambah dan memiliki biaya.
 - *Transport* adalah aktivitas perpindahan atau pergerakan *part* antar *workstation* yang sedapat mungkin diminimalisir.
 - *Inspection* adalah aktivitas pengecekan kuantitas ataupun kualitas dari produk atau informasi.
 - *Delay & Storage* adalah aktivitas menunggu atau tanpa aktivitas
- 3) Menambahkan informasi untuk proses analisa selanjutnya.
- 4) Menganalisa proporsi aktivitas yang tergolong *Value Added (VA)*, *Non Value Added (NVA)*, *Non Value Added but Necessary (NNVA)*

3.5.1.1 **Pengumpulan dan Pengukuran Data PAM**

Pengumpulan dan pengukuran data dilakukan dengan wawancara, observasi, dan pengukuran langsung. Data yang terdapat pada *process activity mapping* merupakan data

untuk proses produksi *machining cast wheel* (*Front Cast Wheel* dan *Rear Cast Wheel*). Waktu proses yang ada merupakan gabungan antara proses yang dilakukan oleh operator dan mesin. Waktu proses diukur dalam satuan detik. Proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan *stopwatch time study* secara berulang-ulang. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran 7.

Setelah data terkumpul, maka dilakukan uji statistik untuk validasi data pengukuran diantaranya meliputi uji kenormalan data, uji keseragaman data, dan uji kecukupan data. Berikut adalah tahapan pengujian data yang dilakukan.

- Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan untuk melihat apakah data berdistribusi normal, dengan hipotesis sebagai berikut

H0: Data waktu pengukuran berdistribusi normal

H1: Data waktu pengukuran tidak berdistribusi normal

Uji kenormalan dilakukan dengan menggunakan *Minitab 16 Statistical Software* dengan melihat *P value* yang terdapat pada hasil *running*. Data berdistribusi normal jika *P Value* > 0.05. Berikut rekap hasil uji kenormalan. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada lampiran 8.

- Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data bertujuan untuk memastikan bahwa data yang terkumpul berasal dari sistem yang sama dan memisahkan data yang memiliki karakteristik yang berbeda. Uji kenormalan dilakukan dengan menggunakan *Minitab 16 Statistical Software*, yaitu dengan melihat nilai batas atas UCL dan batas bawah LCL. Data dikatakan seragam jika berada pada rentang UCL dan LCL. Pengujian ini bisa dilakukan beberapa kali iterasi dengan mengeluarkan data yang tidak seragam. Berikut rekap hasil uji keseragaman data. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada lampiran 8.

- Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan telah cukup secara objektif dengan konsep statistik. Pengujian dilakukan setelah data berdistribusi normal dan seragam. Pengujian dilakukan dengan berpedoman pada tingkat ketelitian dan tingkat kepercayaan. Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu yang sebenarnya. Tingkat kepercayaan menunjukkan keyakinan pengukur akan ketelitian data waktu yang dikumpulkan. Rumus yang digunakan adalah.

$$N' = \left[\frac{k / s \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

Dengan :

k = tingkat kepercayaan (k=2 untuk 95%)

s = tingkat ketelitian (10%)

N = Jumlah data pengukuran yang dikumpulkan

N' = Jumlah data pengukuran yang seharusnya dikumpulkan

Jika $N' \leq N$ maka data dinyatakan cukup, jika $N' > N$ maka data dinyatakan kurang dan perlu dilakukan penambahan data.

Rekap hasil uji normalitas, keseragaman dan kecukupan data dapat dilihat pada lampiran 9.

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengumpulan maka selanjutnya bisa dibuat *Process Activity Mapping* untuk proses *machining cast wheel (Front Cast Wheel dan Rear Cast Wheel)* secara lengkap.

Tabel 3.10 *Process Activity Mapping Machining Front Cast Wheel*

No	Kode	Deskripsi Aktivitas	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jumlah Man Power	Aktivitas					VA/NVA/ NNVA
							O	T	I	S	D	
1	A1	Mengambil F/G Casting dari area WIP Machining Cast Wheel		5	12.25	1		T				NNVA
2	A2	Proses Pre Turning (OP 10)	Pre Turning OP10		47.43		O					VA
3	A3	Menempatkan part pada kereta WIP Facing & Boring (OP 20)		2	3.31			T				NNVA
4	A4	Menunggu untuk diproses Facing & Boring (OP 20)	Kereta		3.08	2					D	NVA
5	A5	Mengambil part dari kereta WIP Facing & Boring (OP 20)		2	3.59			T				NNVA
6	A6	Proses Facing & Boring (OP 20)	NC Lathe OP20		46.43		O					VA
7	A7	Menempatkan part pada kereta WIP Turning & Facing (OP 30)		3	4.42			T				NNVA
8	A8	Menunggu untuk diproses Turning & Facing (OP 30)	Kereta		5.37	1					D	NVA
9	A9	Mengambil part dari kereta WIP Turning & Facing (OP 30)		2	4.19			T				NNVA
10	A10	Proses Turning & Facing (OP 30)	NC Lathe OP30		46.21		O					VA
11	A11	Menempatkan part pada kereta WIP Leak Test (OP 40)	Kereta	2	3.25			T				NNVA
12	A12	Menunggu untuk diproses Leak Test (OP 40)			11.72	1					D	NVA
13	A13	Mengambil part dari kereta WIP Leak Test (OP 40)		2	3.08			T				NNVA
14	A14	Proses Leak Test (OP 40)	Leak Test OP40		51.05				I			NNVA
15	A15	Menempatkan part pada kereta WIP Drill & Tapping (OP 50)		2	3.37			T				NNVA
16	A16	Menunggu untuk diproses Drill & Tapping (OP 50)	Kereta		19.08	1					D	NVA
17	A17	Mengambil part dari kereta WIP Drill & Tapping (OP 50)		2	3.83			T				NNVA
18	A18	Proses Drill & Tapping (OP 50)	Tapping Center OP50		48.27		O					VA
19	A19	Menempatkan part pada kereta WIP Milling (OP 60)		2	3.03			T				NNVA
20	A20	Menunggu untuk diproses Milling (OP 60)	Kereta		3.25						D	NVA
21	A21	Mengambil part dari kereta WIP Milling (OP 60)		2	3.56			T				NNVA
22	A22	Proses WIP Milling (OP 60)	TC Mill OP60		38.39		O					VA
23	A23	Menempatkan part pada kereta WIP Washing (OP 70)		2	2.62			T				NNVA
24	A24	Menunggu untuk diproses Washing (OP 70)	Kereta		3.47	1					D	NVA
25	A25	Mengambil part dari kereta WIP kereta WIP Washing (OP 70)		2	3.23			T				NNVA
26	A26	Proses Washing (OP 70)	Washing OP70		22.49		O					VA
27	A27	Menempatkan part pada kereta WIP Quality Check (OP 80)		2	3.56			T				NNVA
28	A28	Menunggu untuk proses Quality Check (OP 80)	Kereta		31.05	1					D	NVA
29	A29	Mengambil part dari kereta WIP Quality Check (OP 80)		2	3.00			T				NNVA
30	A30	Proses Quality Check (OP 80)	Alat Ukur		43.54				I			NNVA
31	A31	Menempatkan dan menata part pada kereta F/G Machining Front Cast Wheel		5	4.04					S		NNVA
TOTAL				39	485.16	8	6	15	2	1	7	

Tabel 3.11 *Process Activity Mapping Machining Rear Cast Wheel*

No	Kode	Deskripsi Aktivitas	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jumlah Man Power	Aktivitas					VA/NNVA/ NNVA	
							O	T	I	S	D		
1	A1	Mengambil F/G Casting dari area WIP Machining Cast Wheel		5	9,76	1		T					NNVA
2	A2	Proses Pre Turning (OP 10)	Pre Turning OP10		47,88		O						VA
3	A3	Menempatkan part pada kereta WIP Facing & Boring (OP 20)		2	3,68			T					NNVA
4	A4	Menunggu untuk diproses Facing & Boring (OP 20)	Kereta		3,05	2						D	NVA
5	A5	Mengambil part dari kereta WIP Facing & Boring (OP 20)		2	3,29			T					NNVA
6	A6	Proses Facing & Boring (OP 20)	NC Lathe OP20		48,01		O						VA
7	A7	Menempatkan part pada kereta WIP Facing & Boring (OP 30)		3	3,56			T					NNVA
8	A8	Menunggu untuk diproses Facing & Boring (OP 30)	Kereta		3,10	1						D	NVA
9	A9	Mengambil part dari kereta WIP Facing & Boring (OP 30)		2	4,23			T					NNVA
10	A10	Proses Facing & Boring (OP 30)	NC Lathe OP30		46,59		O						VA
11	A11	Menempatkan part pada kereta WIP Leak Test (OP 40)	Kereta	2	3,30			T					NNVA
12	A12	Menunggu untuk diproses Leak Test (OP 40)			30,40	1						D	NVA
13	A13	Mengambil part dari kereta WIP Leak Test (OP 40)		2	3,65			T					NNVA
14	A14	Proses Leak Test (OP 40)	Leak Test OP40		50,44				I				NNVA
15	A15	Menempatkan part pada kereta WIP Drilling (OP 50)		2	3,78			T					NNVA
16	A16	Menunggu untuk diproses Drilling (OP 50)	Kereta		4,54							D	NVA
17	A17	Mengambil part dari kereta WIP Drilling (OP 50)		2	3,53			T					NNVA
18	A18	Proses Drilling (OP 50)	Drill Valve OP50		22,64		O						VA
19	A19	Menempatkan part pada kereta WIP Washing (OP 60)		2	3,77			T					NNVA
20	A20	Menunggu untuk diproses Washing (OP 60)	Kereta		21,01	1						D	NVA
21	A21	Mengambil part dari kereta WIP kereta WIP Washing (OP 60)		2	3,19			T					NNVA
22	A22	Proses Washing (OP 60)	Washing OP60		21,60		O						VA
23	A23	Menempatkan part pada kereta WIP Quality Check (OP 70)		2	3,39			T					NNVA
24	A24	Menunggu untuk proses Quality Check (OP 70)	Kereta		15,59	1						D	NVA
25	A25	Mengambil part dari kereta WIP Quality Check (OP 70)		2	3,60			T					NNVA
26	A26	Proses Quality Check (OP 70)	Alat Ukur		43,06				I				NNVA
27	A27	Menempatkan dan menata part pada kereta F/G Machining Front Cast Wheel		5	3,07					S			NNVA
TOTAL				35	413,73	7	5	13	2	1	6		

Berdasarkan PAM untuk *Machining Front Cast Wheel* dan *Rear Cast Wheel*, maka dapat dibuatkan tabulasi ringkasan perhitungan dan prosentase PAM pada tabel 3.12 berikut.

Tabel 3.12 Ringkasan Perhitungan dan Prosentase PAM

Front Cast Wheel			Rear Cast Wheel		
Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)	Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)
Operation	6	249.23	Operation	5	186.73
Transport	15	60.28	Transport	13	52.74
Inspection	2	94.59	Inspection	2	93.50
Storage	1	4.04	Storage	1	3.07
Delay	7	77.02	Delay	6	77.69
Total	31	485.16	Total	27	413.73
Klasifikasi	Jumlah	Waktu (detik)	Klasifikasi	Jumlah	Waktu (detik)
VA	6	249.23	VA	5	186.73
NVA	7	77.02	NVA	6	77.69
NNVA	18	158.91	NNVA	16	149.31
Total	31	485.16	Total	27	413.73
Value Ratio		0.51	Value Ratio		0.45

Value ratio adalah nilai perbandingan antara aktivitas yang memberikan nilai tambah dengan keseluruhan aktivitas. Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan hasil bahwa *value ratio* untuk proses produksi *machining front wheel* sebesar 0.51 atau 51% dan *machining rear wheel* sebesar 0.45 atau 45%.

3.5.2 Supply Chain Response Matrix (SCRM)

Alat pemetaan yang digunakan selanjutnya adalah *Supply Chain Response Matrix* (SCRM). SCRM menggambarkan pola inventori dan *lead time* untuk memperkirakan jumlah inventori yang dibutuhkan dalam pemenuhan *order* dengan *lead time* yang tersedia. Penurunan inventori dan *lead time* merupakan penghematan *value stream* lini produksi.

Data yang dipergunakan dalam pembuatan *Supply Chain Response Matrix* untuk produk *Machining Cast Wheel* adalah:

- Data penerimaan *raw material (finish good casting cast wheel)* per hari.
- Data *input raw material (finish good casting cast wheel)* dari area penyimpanan untuk diproses *machining* per hari.
- Data *output* produksi *machining cast wheel* per hari.
- Data pengiriman produk *finish good machining cast wheel* per hari.

SCRM dibuat untuk produk *machining front cast wheel* dan *machining rear cast wheel* sebagai berikut.

3.5.2.1 Supply Chain Response Matrix Machining Front Cast Wheel

Berdasarkan data selama periode April – September 2011, maka dapat dibuat SCRM untuk *machining front cast wheel* dengan tahapan sebagai berikut.

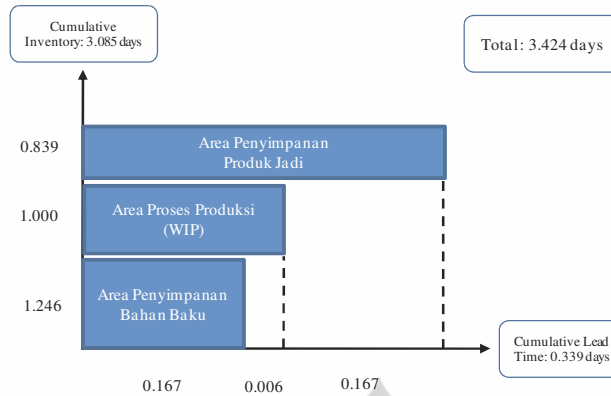
1. Pada area penyimpanan bahan baku (*finish good casting front cast wheel*), material diterima dari *output* proses *casting* dengan rata-rata *lead time* selama 4 Jam atau 0.167 hari. Rata-rata jumlah stok bahan baku yang diterima adalah sebesar 1349 pcs/hari, sedangkan jumlah bahan baku yang diproses atau keluar adalah sebesar 1083 pcs/hari, maka *days physical stock* yang terjadi adalah 1.246 hari.
2. Pada area *Work In Process (WIP) machining front cast wheel*, total *lead time* untuk proses adalah sebesar 485.16 detik (0.006 hari). *Output* produksi rata-rata adalah 1083 pcs/hari dengan bahan baku yang masuk sebesar 1083 pcs/hari, maka *days physical stock* yang terjadi adalah 1 hari.
3. Pada area penyimpanan produk jadi (*F/G Machining Front Cast Wheel*), rata-rata *lead time* pengiriman atau penarikan untuk proses selanjutnya adalah selama 4 Jam atau 0.167 hari. Rata-rata jumlah pengiriman adalah 1290 pcs/hari, sedangkan produk jadi yang masuk sebesar 1083 pcs/hari, maka *days physical stock* yang terjadi adalah 0.839 hari

Secara tabulasi perhitungan *lead time* dan *inventory* dapat dilihat pada tabel 3.13 dengan total *cumulative inventory* dan *lead time* sebesar 3.424 hari.

Tabel 3.13 Perhitungan SCRM *Machining Front Cast Wheel*

No	Item	Days Physical Stock	Lead Times	Cumulative Days Physical Stock	Cumulative Lead Times
1	Area Penyimpanan Bahan Baku (F/G Casting Front Cast Wheel)	1.246	0.167	1.246	0.167
2	Area Proses Produksi (WIP Machining Front Cast Wheel)	1.000	0.006	2.246	0.172
3	Area Penyimpanan Produk Jadi (F/G Machining Front Cast Wheel)	0.839	0.167	3.085	0.339
Total				3.424	

Sedangkan untuk grafik SCRM untuk *machining front cast wheel* dapat dilihat pada gambar 3.15 berikut ini.



Gambar 3.15 SCRM *Machining Front Cast Wheel*

Dari grafik SCRM diatas didapatkan total waktu dalam sistem *supply chain machining front cast wheel* adalah 3.424 hari dengan kumulatif inventori sebesar 3.085 hari dan kumulatif *lead time* sebesar 0.339 hari.

3.5.2.2 Supply Chain Response Matrix *Machining Rear Cast Wheel*

Berdasarkan data selama periode April – September 2011, maka dapat dibuat SCRM untuk *machining rear cast wheel* dengan tahapan sebagai berikut.

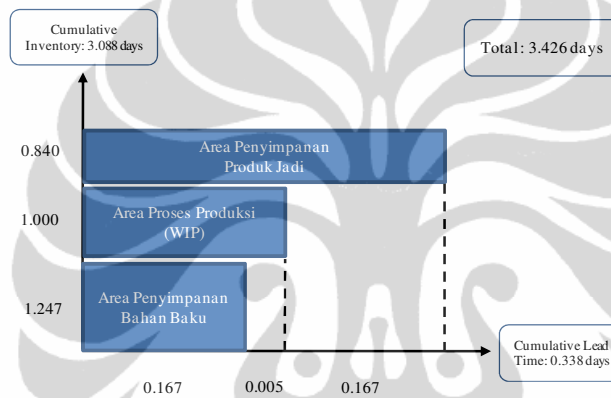
1. Pada area penyimpanan bahan baku (*finish good casting rear cast wheel*), material diterima dari *output* proses *casting* dengan rata-rata *lead time* selama 4 Jam atau 0.167 hari. Rata-rata jumlah stok bahan baku yang diterima adalah sebesar 1352 pcs/hari, sedangkan jumlah bahan baku yang diproses atau keluar adalah sebesar 1084 pcs/hari, maka *days physical stock* yang terjadi adalah 1.247 hari.
2. Pada area *Work In Process* (WIP) *machining front cast wheel*, total *lead time* untuk proses adalah sebesar 413.71 detik (0.005 hari). *Output* produksi rata-rata adalah 1084 pcs/hari dengan *input* bahan baku yang masuk sebesar 1084 pcs/hari, maka *days physical stock* yang terjadi adalah 1 hari.
3. Pada area penyimpanan produk jadi (*F/G Machining Front Cast Wheel*), rata-rata *lead time* pengiriman atau penarikan untuk proses selanjutnya adalah selama 4 Jam atau 0.167 hari. Rata-rata jumlah pengiriman adalah 1290 pcs/hari, sedangkan produk jadi yang masuk sebesar 1084 pcs/hari, maka *days physical stock* yang terjadi adalah 0.840 hari

Secara tabulasi perhitungan *lead time* dan *inventory* dapat dilihat pada tabel 3.14 dengan total *cumulative inventory* dan *lead time* sebesar 3.426 hari.

Tabel 3.14 Perhitungan SCRM *Machining Rear Cast Wheel*

No	Item	Days Physical Stock	Lead Times	Cumulative Days Physical Stock	Cumulative Lead Times
1	Area Penyimpanan Bahan Baku (F/G Casting Rear Cast Wheel)	1.247	0.167	1.247	0.167
2	Area Proses Produksi (WIP Machining Rear Cast Wheel)	1.000	0.005	2.248	0.171
3	Area Penyimpanan Produk Jadi (F/G Machining Rear Cast Wheel)	0.840	0.167	3.088	0.338
Total				3.426	0.338

Sedangkan untuk grafik SCRM untuk *machining rear cast wheel* dapat dilihat pada gambar 3.16 berikut ini.



Gambar 3.16 SCRM *Machining Rear Cast Wheel*

Dari grafik SCRM diatas didapatkan total waktu dalam sistem *supply chain machining rear cast wheel* adalah 3.426 hari dengan kumulatif inventori sebesar 3.088 hari dan kumulatif *lead time* sebesar 0.338 hari.

3.5.3 Quality Filter Mapping (QFM)

Quality Filter Mapping (QFM) digunakan sebagai *tools* untuk mengidentifikasi adanya masalah kualitas (cacat) yang terjadi sepanjang *supply chain*. Cacat yang akan digambarkan hanya cacat kualitas pada produk (*reject part*) yang ditemukan selama proses produksi. Data *reject part* yang dipergunakan adalah data *reject part* pada masing-masing *work center* sepanjang *supply chain* selama periode April – September 2011.

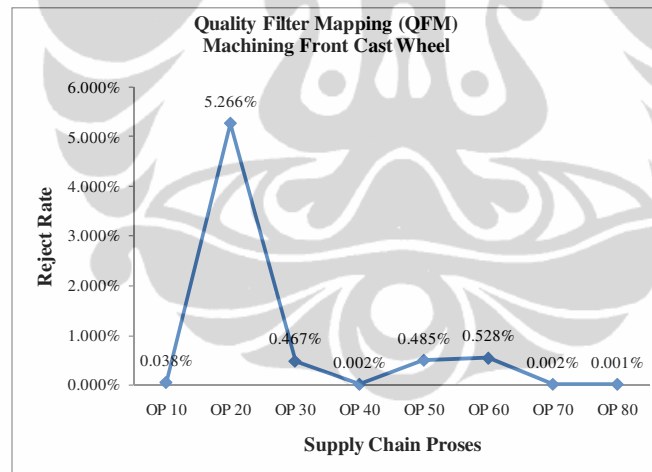
3.5.3.1 Quality Filter Mapping Machining Front Cast Wheel

Data *reject part* selama periode April – September 2011 untuk proses *machining front cast wheel* adalah sebagai berikut.

Tabel 3.15 Data *Reject Part Machining Front Cast Wheel*

Proses	Jumlah Reject Selama Periode-							Reject Rate
	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Total	
OP 10	13	12	8	9	12	8	62	0.038%
OP 20	1,524	1,493	1,455	1,423	1,389	1,213	8,497	5.266%
OP 30	127	121	138	109	126	132	753	0.467%
OP 40	1	0	1	0	0	1	3	0.002%
OP 50	136	145	128	119	130	125	783	0.485%
OP 60	153	140	132	148	140	139	852	0.528%
OP 70	0	1	1	1	0	0	3	0.002%
OP 80	0	0	0	0	1	0	1	0.001%
Total Produksi	27,467	28,464	28,884	27,234	23,861	25,438	161,348	6.789%

Dari data diatas, maka dapat digambarkan *Quality Filter Mapping (QFM) machining front cast wheel* sebagai berikut.



Gambar 3.17 QFM *Machining Front Cast Wheel*

Berdasarkan QFM *machining front cast wheel* diatas terlihat bahwa *waste defect/reject* terbesar terdapat pada area OP 20 dengan *reject rate* sebesar 5.266%.

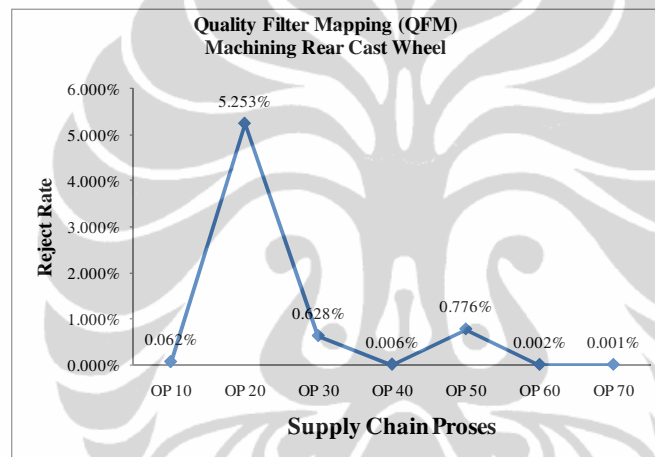
3.5.3.2 Quality Filter Mapping Machining Rear Cast Wheel

Data *reject part* selama periode April – September 2011 untuk proses *machining rear cast wheel* adalah sebagai berikut.

Tabel 3.16 Data *Reject Part Machining Rear Cast Wheel*

Proses	Jumlah Reject Selama Periode-						Total	Reject Rate
	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11		
OP 10	17	16	19	17	16	15	100	0.062%
OP 20	1,497	1,513	1,456	1,422	1,386	1,201	8,475	5.253%
OP 30	172	172	166	168	170	166	1,014	0.628%
OP 40	3	3	2	1	0	1	10	0.006%
OP 50	221	218	209	206	201	197	1,252	0.776%
OP 60	1	1	0	1	0	0	3	0.002%
OP 70	0	1	0	0	1	0	2	0.001%
Total Produksi	27,467	28,464	28,884	27,234	23,861	25,438	161,348	6.728%

Dari data diatas, maka dapat digambarkan *Quality Filter Mapping (QFM) machining rear cast wheel* sebagai berikut.



Gambar 3.18 QFM *machining rear cast wheel*

Berdasarkan QFM *machining rear cast wheel* diatas terlihat bahwa *waste defect/reject* terbesar terdapat pada area OP 20 dengan *reject rate* sebesar 5.253%.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijabarkan hasil analisa dari pengolahan data yang telah dilakukan untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pengembangan rekomendasi perbaikan pada sistem dan proses produksi. Langkah terakhir pada bab ini adalah melakukan evaluasi untuk verifikasi efektivitas dari rekomendasi perbaikan tersebut.

5.1 Analisa *Current State Value Stream Mapping*

Value Stream Mapping merupakan langkah awal untuk memahami aliran informasi dan material dalam sistem secara keseluruhan. *Value Stream Mapping* yang digambarkan adalah untuk proses produksi *machining front cast wheel* dan *machining rear cast wheel* tipe A.

Secara keseluruhan, aliran informasi untuk proses *machining front cast wheel* dan *machining rear cast wheel* tipe A adalah sama. Berdasarkan hasil observasi dan mekanisme koordinasi, proses aliran informasi sudah berjalan dengan sangat baik dan jelas. Perencanaan produksi dan koordinasi informasi mengikuti arahan dari bagian PPIC. Rencana produksi atau *Master Production Schedule* (MPS) produk *casting wheel* untuk bulan N sudah ditentukan pada H+15 di bulan N-1. MPS ini dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan *planning production* pada masing-masing proses produksi termasuk untuk proses *machining*. *Planning production* dalam satu bulan dipecah menjadi *fix planning* 3 harian, sehingga produksi sampai dengan H+3 tidak akan berubah. Hal ini bertujuan untuk memastikan kesiapan dan ketersediaan *material*, *man power*, dan sarana penunjang lainnya agar proses produksi berjalan lancar. Mekanisme koordinasi harian berupa *meeting* setiap pagi pukul 08.00, yang melibatkan semua bagian terkait juga sangat efektif sebagai sarana untuk mendapatkan *feedback* dan *sharing* informasi terkait perkembangan dan pencapaian produksi.

Aliran fisik pada *Current State Value Stream Mapping* (CSVSM) *machining cast wheel* tipe A dapat dianalisa dengan menggunakan matriks sebagai berikut:

Tabel 4.1 Analisa *Current State Value Stream Mapping (CSVSM)*
machining front cast wheel dan rear cast wheel tipe A

No	Indikator Performansi	CSVSM Machining Front Cast Wheel	CSVSM Machining Rear Cast Wheel	Detail Analisa
1	Cycle Time (CT) produksi tertinggi	51.05 detik OP 40 (leak test)	50.44 detik OP 40 (leak test)	- Proses leak test: proses inspeksi 100% untuk tes kebocoran - Pada CSVSM ini juga terdapat proses inspeksi akhir yaitu OP 80/OP70 (quality check), sehingga perlu dipertimbangkan penggunaan metode sampling pada leak test untuk efektivitas proses inspeksi
2	Uptime 85%	Standar loss time 15%: - down time 5% - set up 5% - reject part 5%	Standar loss time 15%: - down time 5% - set up 5% - reject part 5%	- Standar loss time ditentukan manajemen berdasarkan hasil trial maupun benchmarking dengan industri dan proses sejenis. - Evaluasi terhadap standar ini akan mengacu pada hasil identifikasi waste
3	Kapasitas produksi	AT: 72.000 detik (3 shift) Uptime 85% CT: 51.05 detik Kap: 1.200 pcs/hari	AT: 72.000 detik (3 shift) Uptime 85% CT: 50.44 detik Kap: 1.213 pcs/hari	Kapasitas produksi harian dibawah permintaan customer sebesar 1.300 set/hari. Oleh karena itu harus dilakukan perbaikan yang efektif agar permintaan customer dapat dipenuhi tanpa harus melalui kerja lembur (overtime)
4	Efektivitas waktu	Total CT: 343.81 detik Total LT: 485.16 detik Waktu produktif: 70.87%	Total CT: 280.22 detik Total LT: 417.71 detik Waktu produktif: 67.73%	Dari proses produktif pada CSVSM terdapat 2 proses inspeksi yang merupakan proses Non Added Value. Untuk itu perlu dilakukan analisa lebih lanjut untuk proses-proses yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk
5	Aliran material dan proses	Bottleneck: - OP 40 (leak test) - OP 80 (quality check) Waiting: OP 70 (washing)	Bottleneck: - OP 40 (leak test) - OP 80 (quality check)	- Bottleneck yang terjadi berakibat adanya tumpukan Work In Process (WIP) - Kondisi waiting menyebabkan man power sering dalam keadaan menganggur - Kedua kondisi ini terjadi karena perbedaan cycle time antar proses - Langkah perbaikan mencari alternatif simplifikasi atau perubahan urutan proses agar produksi berjalan lebih lancar

Hasil analisa diatas akan dijadikan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam menentukan rencana perbaikan yang direkomendasikan.

5.2 Analisa Hasil Identifikasi Waste

Proses identifikasi *waste* dilakukan dengan menggunakan metode *Waste Assessment Model* (Rawabdeh, 2005) yang bertujuan untuk menyederhanakan pencarian permasalahan dan obyektifitas penelitian. Keterlibatan 5 responden yang kompeten dari setiap fungsi dan bertanggung jawab langsung terhadap operasional sistem dan proses produksi di area *machining cast wheel* dapat dijadikan jaminan terhadap akurasi dan obyektifitas hasil *assessment*. Hasil *assessment* berupa peringkat *waste* secara berurutan dari terbesar sampai dengan terkecil dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Peringkat Hasil *Waste Assessment*

Peringkat	Jenis Waste	Prosentase	Akumulasi Prosentase
1	Defect/Reject (D)	25.88%	25.88%
2	Unnecessary Inventory (I)	16.73%	42.61%
3	Waiting/Idle (W)	14.82%	57.43%
4	Unnecessary Motion (M)	14.55%	71.98%
5	Over Production (O)	11.22%	83.20%
6	Excessive Transportation (T)	9.28%	92.48%
7	Inappropriate Processing (P)	7.52%	100.00%

Hasil *assessment* diatas menunjukkan peringkat *waste* yang dominan dan sangat berpengaruh terhadap *waste* lainnya. Prosentase (bobot) dari hasil *assessment* digunakan pada tahapan berikutnya yaitu pada metode VALSAT, berfungsi menentukan *tools* yang tepat untuk melakukan analisa *waste* secara lebih detail.

5.3 Analisa Hasil Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Metode VALSAT (Hines & Rich, 1997) dipergunakan untuk memilih *value stream mapping tools* yang efektif untuk evaluasi *waste* yang terjadi secara lebih detail. Adapun hasil urutan dari urutan *mapping tools* yang diprioritaskan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Peringkat Hasil VALSAT

Ranking	Value Stream Mapping Tools	Total Bobot	Prosentase	Akumulasi Prosentase
1	Process Activity Mapping	502.83	32.13%	32.13%
2	Supply Chain Response Matrix	332.19	21.23%	53.36%
3	Quality Filter Mapping	251.63	16.08%	69.44%
4	Demand Amplification Mapping	228.71	14.62%	84.06%
5	Decision Point Analysis	135.84	8.68%	92.74%
6	Prod. Variety Funnel	87.57	5.60%	98.34%
7	Physical Structure	26.01	1.66%	100.00%

Dari peringkat pada tabel 4.3 diatas, sesuai skala prioritas dan untuk efektivitas penelitian maka dipilih tiga peringkat teratas *value stream mapping tools* dalam mengevaluasi *waste* yang terjadi yaitu:

1. *Process Activity Mapping (PAM)*

PAM merupakan *value stream mapping tools* yang mampu mengevaluasi hampir semua jenis *waste*.

2. *Supply Chain Response Matrix (SCRM)*.

SCRM merupakan *value stream mapping tools* yang mampu mengevaluasi jenis *waste* berupa *unnecessary inventory*, *waiting/idle*, dan *overproduction*.

3. *Quality Filter Mapping (QFM)*

QFM merupakan *value stream mapping tools* yang mampu mengevaluasi jenis *waste* berupa *defect*, *overproduction*, dan *inappropriate processing*.

4.3.1 Analisa Process Activity Mapping (PAM)

Process Activity Mapping (PAM) mampu menggambarkan detail tahapan proses produksi. PAM berfungsi untuk mengevaluasi nilai tambah atau manfaat dari tiap aktivitas dalam produksi agar proses yang berjalan lebih efektif dan efisien. Proses pembuatan PAM menggunakan data aktual perusahaan dan pengukuran waktu proses menggunakan pengukuran langsung dengan *stopwatch*. Hasil pengukuran waktu divalidasi secara statistik

dengan melakukan uji normalitas, uji keseragaman, dan uji kecukupan data. Berikut adalah analisa PAM untuk *machining front cast wheel* dan *machining rear cast wheel*.

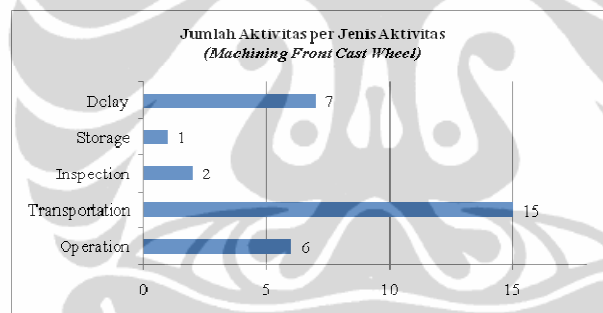
4.3.1.1 Analisa PAM *machining front cast wheel*

Proses produksi *machining front cast wheel* terdiri dari 31 langkah pengerjaan yang berjalan secara serial. Secara detail proporsi dari setiap jenis aktivitas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.4 Jumlah Aktivitas per Jenis Aktivitas (*machining front cast wheel*)

Jenis Aktivitas	Operation	Transportation	Inspection	Storage	Delay
Jumlah Aktivitas	6	15	2	1	7
Prosentase	19.35%	48.39%	6.45%	3.23%	22.58%

Berdasarkan tabel diatas, perbandingan jumlah antar jenis aktivitas dapat digambarkan pada grafik sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Jumlah Aktivitas per Jenis Aktivitas (*machining front cast wheel*)

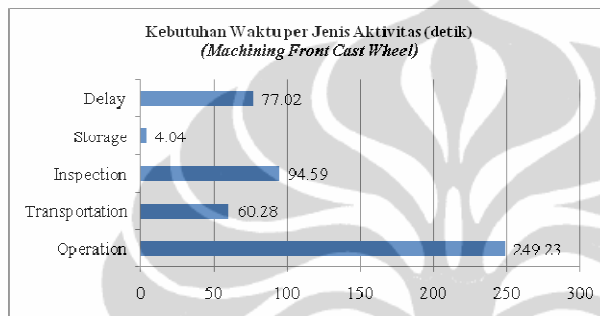
Dari grafik diatas, terdapat hanya 6 aktivitas yang termasuk *value added*. Aktivitas lainnya sebanyak 25 aktivitas bersifat *non value added*, sehingga harus diminimalisir karena tidak memberikan nilai tambah bagi *customer*.

Hasil dari PAM *machining front cast wheel* total waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan 1 produk adalah 485.16 detik. Secara detail proporsi waktu dari setiap jenis aktivitas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Kebutuhan Waktu per Jenis Aktivitas (*machining front cast wheel*)

Jenis Aktivitas	Operation	Transportation	Inspection	Storage	Delay
Waktu (detik)	249.23	60.28	94.59	4.04	77.02
Prosentase	51.37%	12.42%	19.50%	0.83%	15.88%

Berdasarkan tabel diatas, perbandingan kebutuhan waktu antar jenis aktivitas dapat digambarkan pada grafik sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik Kebutuhan Waktu per Jenis Aktivitas (*machining front cast wheel*)

Dari grafik terlihat bahwa waktu aktivitas yang merupakan *value added* sebesar 249.23 detik atau 51% dari total waktu. Waktu aktivitas lainnya sebesar 49% bersifat *non value added*, sehingga harus diminimalisir karena tidak memberikan nilai tambah bagi *customer*.

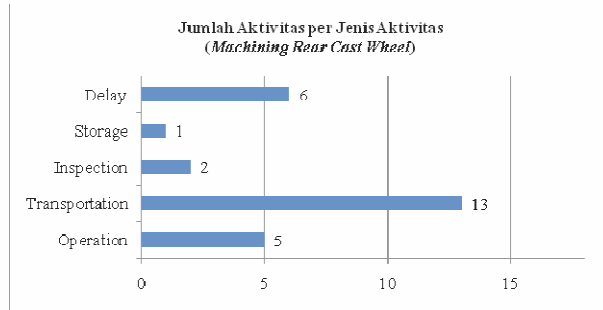
4.3.1.2 Analisa PAM *Machining Rear Cast Wheel*

Proses produksi *machining front cast wheel* terdiri dari 27 langkah pengerjaan yang berjalan secara serial. Secara detail proporsi dari setiap jenis aktivitas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.6 Jumlah Aktivitas per Jenis Aktivitas (*machining rear cast wheel*)

Jenis Aktivitas	Operation	Transportation	Inspection	Storage	Delay
Jumlah Aktivitas	5	13	2	1	6
Prosentase	18.52%	48.15%	7.41%	3.70%	22.22%

Berdasarkan tabel diatas, perbandingan jumlah antar jenis aktivitas dapat digambarkan pada grafik sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik Jumlah Aktivitas per Jenis Aktivitas
(*machining rear cast wheel*)

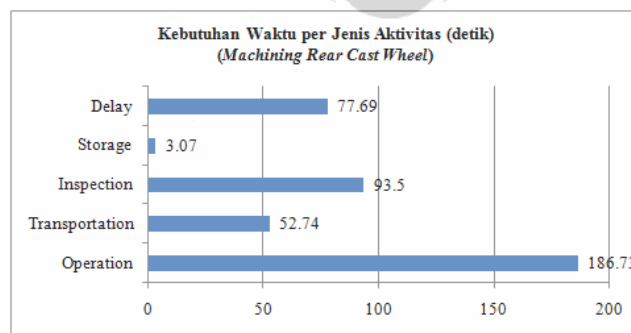
Dari grafik diatas, terdapat hanya 5 aktivitas yang termasuk *value added*. Aktivitas lainnya sebanyak 22 aktivitas bersifat *non value added*, sehingga harus diminimalisir karena tidak memberikan nilai tambah bagi *customer*.

Hasil dari PAM *machining rear cast wheel* total waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan 1 produk adalah 413.73 detik. Secara detail proporsi waktu dari setiap jenis aktivitas dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 4.7 Kebutuhan Waktu per Jenis Aktivitas (*machining rear cast wheel*)

Jenis Aktivitas	Operation	Transportation	Inspection	Storage	Delay
Waktu (detik)	186.73	52.74	93.5	3.07	77.69
Prosentase	45.13%	12.75%	22.60%	0.74%	18.78%

Berdasarkan tabel diatas, perbandingan kebutuhan waktu antar jenis aktivitas dapat digambarkan pada grafik sebagai berikut.



Gambar 4.4 Grafik Kebutuhan Waktu per Jenis Aktivitas
(*machining rear cast wheel*)

Dari grafik terlihat bahwa waktu aktivitas yang merupakan *value added* sebesar 186.73 detik atau 45% dari total waktu. Waktu aktivitas lainnya sebesar 55% bersifat *non value added*, sehingga harus diminimalisir karena tidak memberikan nilai tambah bagi *customer*.

Ringkasan analisa dari PAM *machining front dan rear cast wheel* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.8 Ringkasan Analisa PAM *Machining Front dan Rear Cast Wheel*

No	Jenis Aktivitas	PAM Machining Front Cast Wheel (Jumlah/Waktu)	PAM Machining Rear Cast Wheel (Jumlah/Waktu)	Analisa
1	Operation	6 (19.35%)	5 (18.52%)	- Jumlah aktivitas dan total waktu yang dibutuhkan untuk aktivitas operasi pada machining cast wheel relatif sudah optimal - Aktivitas operasi merupakan aktivitas yang added value, sehingga yang perlu dijaga adalah konsistensi proses
		249.23 detik (51.37%)	186.73 detik (45.13%)	
2	Transportation	15 (48.39%)	13 (48.15%)	- Jumlah aktivitas transportasi cukup banyak ($\pm 48\%$). Hal ini dikarenakan diperlukan adanya beberapa kali proses handling, namun dengan jarak yang relatif pendek - Perbaikan untuk efisiensi transportasi tidak berdampak signifikan, karena dari sisi waktu yang dibutuhkan transportasi hanya $\pm 12\%$ dari total waktu keseluruhan aktivitas
		60.28 detik (12.42%)	52.74 detik (12.75%)	
3	Inspection	2 (6.45%)	2 (7.41%)	- Terdapat 2 proses inspeksi yang dilakukan secara 100% dengan total waktu yang dibutuhkan ± 94 detik untuk setiap part - Inspeksi merupakan aktivitas non added value, sehingga perlu dilakukan secara efektif - Usulan perbaikan pada aktivitas inspeksi adalah dengan aplikasi metode sampling khususnya untuk uji kebocoran (leak test) yang merupakan proses dengan cycle time tertinggi yaitu ± 51 detik
		94.59 detik (19.50%)	93.5 detik (22.60%)	
4	Storage	1 (3.23%)	1 (3.70%)	Penyimpanan (storage) merupakan aktivitas terkecil ($\pm 0.8\%$), sehingga perubahannya tidak berdampak signifikan terhadap keseluruhan sistem produksi
		4.04 detik (0.83%)	3.07 detik (0.74%)	
5	Delay	7 (22.58%)	6 (22.22%)	- Delay merupakan aktivitas non value added terbesar kedua setelah inspeksi - Delay diakibatkan karena adanya perbedaan cycle time antar proses baik berupa part ataupun man power yang menunggu proses - Usulan perbaikan untuk meminimalkan delay adalah dengan balancing proses
		77.02 detik (15.88%)	77.69 detik (18.78%)	

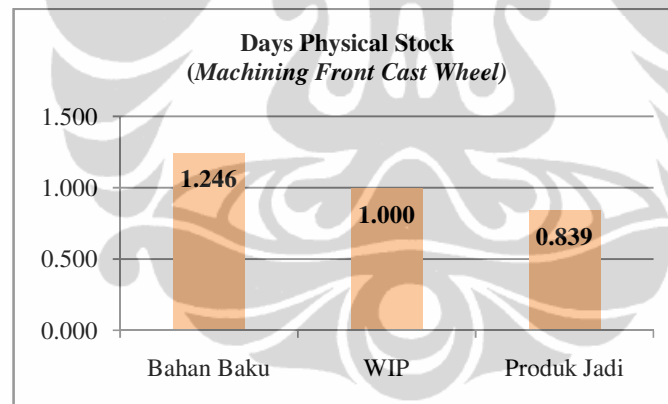
Hasil analisa PAM diatas akan dijadikan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam menentukan rencana perbaikan yang direkomendasikan.

4.3.2 Analisa Supply Chain Response Matrix (SCRM)

Supply Chain Response Matrix (SCRM) berfungsi untuk melihat tingkat persediaan dan waktu distribusi yang terjadi pada tiap area dalam *supply chain*. SCRM dibuat untuk tiga area *supply chain* yaitu gudang bahan baku (F/G *casting front dan rear wheel*), area produksi/WIP (*Work In Process*), dan gudang barang jadi (F/G *machining front dan rear wheel*). Berikut adalah hasil evaluasi dari SCRM untuk *machining front dan rear wheel*.

4.3.2.1 Analisa SCRM Machining Front Cast Wheel

Berdasarkan SCRM total waktu yang dibutuhkan proses *machining front cast wheel* untuk memenuhi order produk adalah 3,424 hari dengan jumlah kumulatif *days physical stock* sebesar 3,085 hari. *Days physical stock* merupakan rata-rata per hari dari lama waktu material berada dalam sistem pemenuhan *order*. Semakin besar *days physical stock* maka semakin lama terjadi akumulasi inventori sepanjang rantai sistem pemenuhan *order*. Berikut adalah gambaran perbandingan *days physical stock* masing-masing area *supply chain*.



Gambar 4.5 Grafik Urutan *Days Physical Stock (machining front cast wheel)*

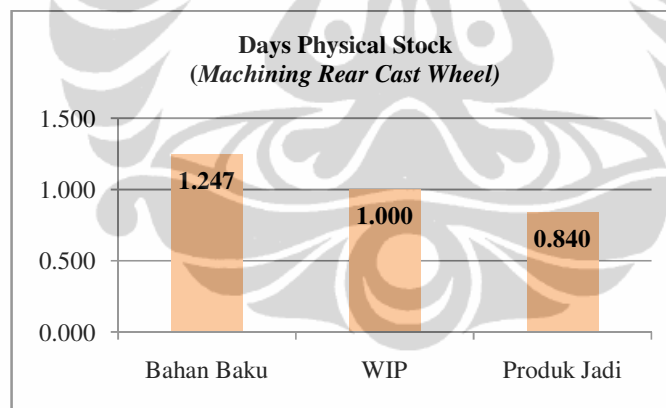
Dari gambar 4.5 diatas terlihat bahwa dari rangkaian *supply chain machining front cast wheel* stok terbesar berada pada area bahan baku yang berupa *part F/G casting* sebesar 1,246 hari. Hal ini dikarenakan kapasitas proses produksi *machining front cast wheel* baru mencapai 1.200 pcs/hari, akibatnya penyerapan bahan baku tidak maksimal sehingga terjadi penumpukan bahan baku. Bahan baku yang masuk setiap harinya tidak dapat diproses dengan maksimal dan sebagian baru akan diproses pada saat hari lembur (*overtime*) untuk memenuhi permintaan *customer*. Sedangkan untuk area WIP dan produk jadi sirkulasi stok relatif

normal, dan bahkan penyerapan stok untuk area produk jadi melebihi hasil produksi harian yang bisa berdampak terjadinya *shortage* (kekurangan).

Optimalisasi sirkulasi dan jumlah stok khususnya di area bahan baku akan tercapai jika proses produksi *machining cast wheel* mampu mencapai kapasitas 1.300 pcs per hari, sehingga aliran material berjalan seimbang. Adanya *waste* berupa *unnecessary inventory* dan *waiting* pada area bahan baku ini adalah merupakan dampak dari *waste* lain yang belum terselesaikan.

4.3.2.2 Analisa SCRM *Machining Rear Cast Wheel*

Berdasarkan SCRM total waktu yang dibutuhkan proses *machining front cast wheel* untuk memenuhi order produk adalah 3,426 hari dengan jumlah kumulatif *days physical stock* sebesar 3,088 hari. *Days physical stock* merupakan rata-rata per hari dari lama waktu material berada dalam sistem pemenuhan *order*. Semakin besar *days physical stock* maka semakin lama terjadi akumulasi inventori sepanjang rantai sistem pemenuhan *order*. Berikut adalah gambaran perbandingan *days physical stock* masing-masing area *supply chain*.



Gambar 4.6 Grafik Urutan *Days Physical Stock* (*machining rear cast wheel*)

Seperti halnya pada SCRM *machining front cast wheel*, maka dari gambar 4.6 diatas terlihat bahwa dari rangkaian *supply chain machining rear cast wheel*, stok terbesar juga berada pada area bahan baku yang berupa *part F/G casting* sebesar 1,246 hari. Hal ini juga dikarenakan kapasitas proses produksi *machining rear cast wheel* yang baru mencapai 1.213 set/hari, akibatnya penyerapan bahan baku tidak maksimal sehingga terjadi penumpukan bahan baku. Bahan baku yang masuk setiap harinya tidak dapat diproses dengan maksimal

dan sebagian baru akan diproses pada saat hari lembur (*overtime*) untuk memenuhi permintaan *customer*. Sedangkan untuk area WIP dan produk jadi sirkulasi stok relatif normal, dan bahkan penyerapan untuk produk jadi melebihi hasil produksi reguler harian yang bisa berdampak terjadinya *shortage* (kekurangan).

Optimalisasi sirkulasi dan jumlah stok khususnya di area bahan baku akan tercapai jika proses produksi *machining rear cast wheel* mampu mencapai kapasitas 1.300 pcs per hari, sehingga aliran material berjalan seimbang. Adanya *waste* berupa *unnecessary inventory* dan *waiting* pada area bahan baku ini adalah merupakan dampak dari *waste* lain yang belum terselesaikan. Perbaikan pada *waste* utama akan berdampak langsung pada perbaikan kondisi inventori dan aliran material.

4.3.3 Analisa *Quality Filter Mapping* (QFM)

Pada penelitian ini, *Quality Filter Mapping* (QFM) yang digambarkan adalah berupa pemetaan terhadap masalah kualitas produk (cacat) yang teridentifikasi pada saat operasi ataupun inspeksi.

Standar cacat kualitas produk (*reject/defect*) selama proses produksi ditetapkan maksimal sebesar 5% dari total produksi. Standar ini ditetapkan perusahaan berdasarkan hasil *trial* dan *benchmarking* dengan industri atau perusahaan sejenis. Berdasarkan data aktual *reject part* selama periode April – September 2011, maka dapat dibuat QFM yang menggambarkan kondisi aktual *reject rate* sepanjang *supply chain*. Berikut adalah analisa QFM untuk *machining front dan rear wheel*.

4.3.3.1 Analisa QFM *Machining Front Cast Wheel*

Pada QFM *machining front cast wheel* terlihat bahwa *reject rate* terbesar terdapat pada proses OP 20 atau proses *facing* dan *boring* yaitu sebesar 5.266%. Berikut adalah detail data dan prosentase *reject rate* dari tiap proses.

Tabel 4.9 Detail Data *Reject Rate Machining Front Cast Wheel*

Proses	Reject Rate	Prosentase
OP 10	0.038%	0.57%
OP 20	5.266%	77.57%
OP 30	0.467%	6.87%
OP 40	0.002%	0.03%
OP 50	0.485%	7.15%
OP 60	0.528%	7.78%
OP 70	0.002%	0.03%
OP 80	0.001%	0.01%
Total	6.789%	100.00%

Berdasarkan data diatas terlihat bahwa total *reject rate* aktual melebihi standar yang ditetapkan yaitu mencapai 6.789%. Proses OP 20 merupakan penyebab *reject rate* tertinggi atau sekitar 77.57% dari keseluruhan *reject* yang terjadi. Total jumlah mesin yang terdapat pada proses OP 20 adalah sebanyak 3 unit dengan kontribusi terhadap *reject* dari tiap mesin relatif merata. Oleh karena itu, harus dilakukan perbaikan terhadap proses agar *waste* berupa *defect/reject* yang terjadi pada OP 20 dapat dihilangkan.

4.3.3.2 Analisa QFM *Machining Rear Cast Wheel*

Pada QFM *machining rear cast wheel* terlihat bahwa *reject rate* terbesar juga terdapat pada proses OP 20 atau proses *facing* dan *boring* yaitu sebesar 5.253%. Berikut adalah detail data dan prosentase *reject rate* dari tiap proses.

Tabel 4.10 Detail Data *Reject Rate Machining Rear Cast Wheel*

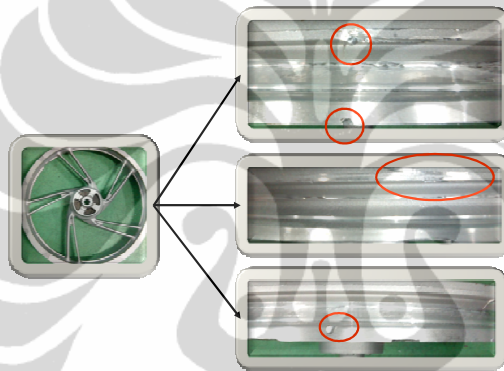
Proses	Reject Rate	Prosentase
OP 10	0.062%	0.92%
OP 20	5.253%	78.07%
OP 30	0.628%	9.34%
OP 40	0.006%	0.09%
OP 50	0.776%	11.53%
OP 60	0.002%	0.03%
OP 70	0.001%	0.02%
Total	6.728%	100.00%

Berdasarkan data diatas terlihat bahwa total *reject rate* aktual melebihi standar yang ditetapkan yaitu mencapai 6.728%. Proses OP 20 merupakan penyebab *reject rate* tertinggi atau sekitar 78.07% dari keseluruhan *reject* yang terjadi. Total jumlah mesin yang terdapat

pada proses OP 20 adalah sebanyak 3 unit dengan kontribusi terhadap *reject* dari tiap mesin relatif merata. Oleh karena itu, harus dilakukan perbaikan terhadap proses agar *waste* berupa *defect/reject* yang terjadi pada OP 20 dapat dihilangkan.

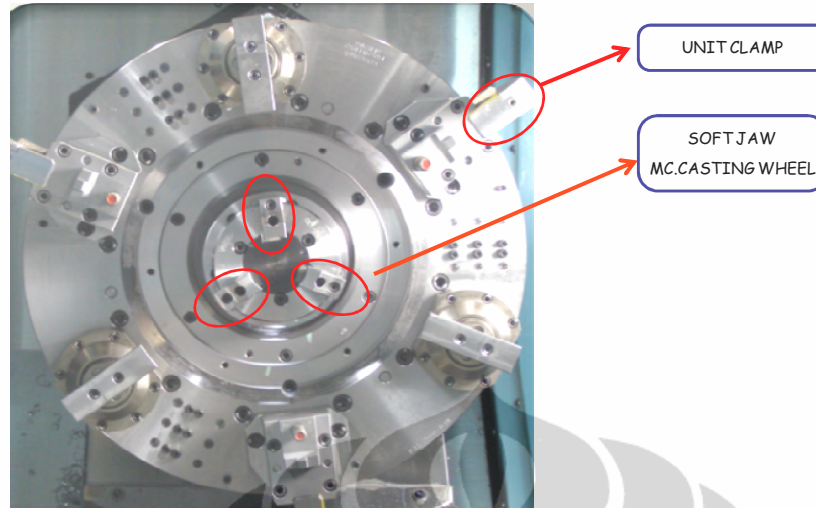
4.3.3.3 Analisa Penyebab *Reject/Defect*

QFM *machining front* dan *rear cast wheel* menunjukkan adanya *waste* berupa *defect/reject* terbesar terjadi pada proses OP 20. Secara karakteristik proses OP 20 untuk *front* dan *rear cast wheel* adalah sama. *Reject* yang terjadi pada proses OP 20 atau *facing* dan *boring* adalah berupa cacat gores dan gompal. Berikut adalah gambaran *reject* yang terjadi pada proses OP 20.



Gambar 4.7 Visualisasi *Reject* Gores dan Gompal pada Proses OP 20

Berdasarkan analisa teknis penyebab terjadi *reject* gores dan gompal pada proses OP 20 adalah dikarenakan proses cengkraman terhadap *part* tidak sempurna, sehingga *part* sering melejit dan bertabrakan dengan *tools* atau material lain. Pada mesin OP 20 bagian yang berfungsi mencengkram *part* dan melakukan *centering* adalah *soft jaw*. Berikut adalah gambaran *soft jaw* pada mesin OP 20.



Gambar 4.8 *Soft Jaw* Mesin OP 20

Berdasarkan analisa penyebab terjadinya cacat produk diatas, maka harus dilakukan perbaikan terhadap desain dari *soft jaw* pada semua mesin OP 20 untuk menghilangkan *waste* berupa *defect*.

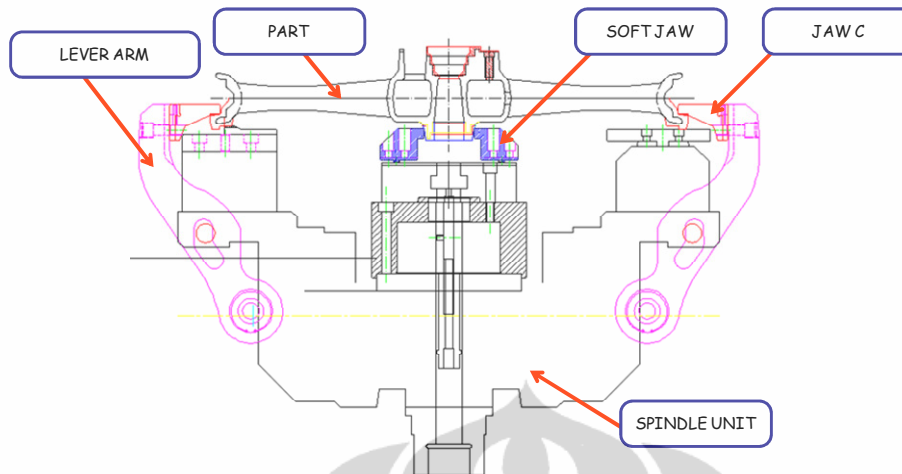
4.4 Rekomendasi Perbaikan

Efektivitas tindakan perbaikan yang dipilih dan akan dilakukan sangat bergantung pada hasil *mapping* dan proses analisa. Proses identifikasi, *mapping* dan analisa secara detail yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode WAM dan VALSAT akan sangat menentukan efektivitas dari langkah perbaikan yang direkomendasikan. Dari hasil VSM, PAM, SCRUM, dan QFM maka berikut dapat dibuat rekomendasi perbaikan secara terperinci.

4.4.1 Modifikasi *Soft Jaw* Mesin OP 20 (*Facing & Boring*)

Perbaikan desain *soft jaw* pada mesin OP 20 bertujuan untuk menghilangkan *waste* utama berupa *defect*. Selain itu, dengan penurunan *reject part* (*defect*) akan berdampak pada:

- a. Kelancaran aliran proses, sehingga *waste* berupa *waiting* dapat berkurang.
- b. Peningkatan *output* produksi, sehingga *waste* berupa *unnecessary inventory* khususnya pada area bahan baku bisa dihilangkan.

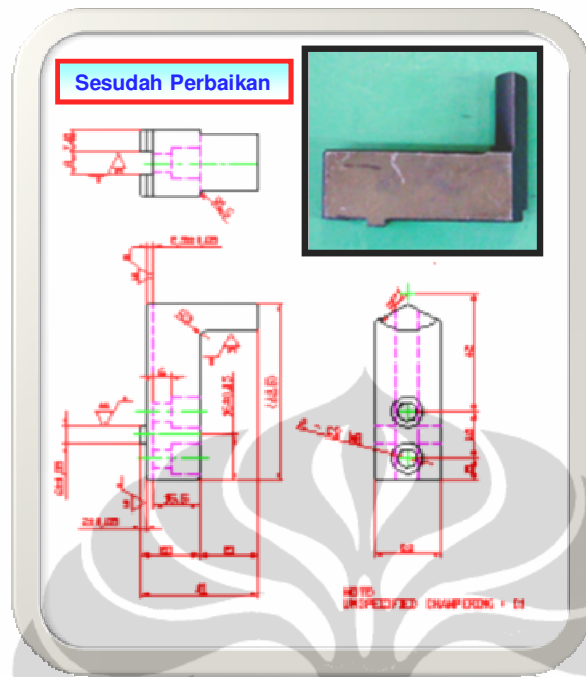


Gambar 4.10 Ilustrasi Pemasangan *Part* Pada Mesin OP 20 Sebelum Perbaikan

Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa cengkraman *soft jaw* tidak maksimal karena area cengkraman berbentuk *shaft* dengan luasan area hanya berkisar 10 mm.

2. Rancangan perbaikan *soft jaw*

Poin utama dalam perbaikan desain *soft jaw* adalah meningkatkan daya cengkraman terhadap benda kerja. Perbaikan cengkraman dilakukan dengan cara merubah posisi, bentuk dan luas area cengkraman. Pada desain *soft jaw* yang baru posisi cengkraman dilakukan dari bagian dalam benda kerja dengan luas cengkraman sebesar 15 mm dan bidang kontak berbentuk *hole*. Berikut adalah gambaran desain *soft jaw* sesudah perbaikan

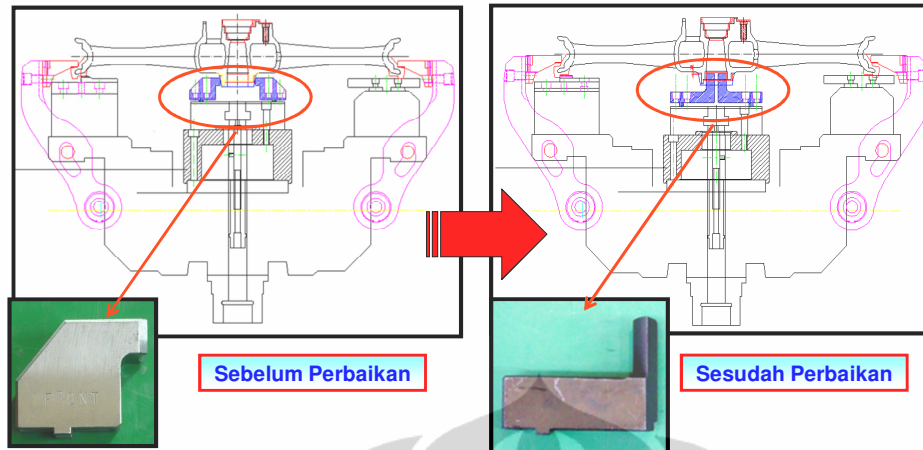


Gambar 4.11 Desain *Soft Jaw* OP 20 Sesudah Perbaikan

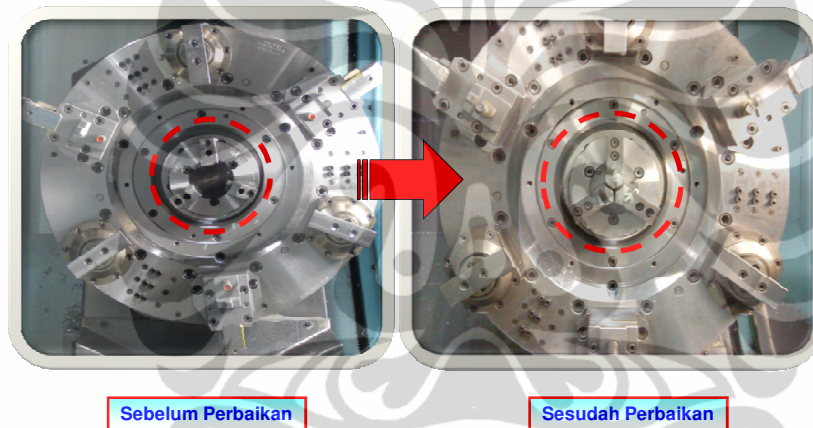
Selain memperbesar luas cengkaman, dimensi *soft jaw* lainnya menyesuaikan dengan posisi penempatan pada mesin dan benda kerja, sehingga benda kerja dapat tercengkram lebih kuat dan stabil. Detail gambar teknik desain *soft jaw* sesudah perbaikan dapat dilihat pada lampiran 12.

3. Evaluasi hasil rancangan perbaikan

Proses modifikasi desain *soft jaw* ini diaplikasikan pada 6 unit mesin OP 20 yang terdapat pada lini produk *machining front* dan *rear cast wheel*. Berikut adalah ilustrasi cengkraman *soft jaw* pada benda kerja sebelum dan sesudah perbaikan.



Gambar 4.12 Ilustrasi Perbandingan Pemasangan Part Pada Mesin OP 20



Gambar 4.13 Perbandingan *Soft Jaw* Kondisi Terpasang Pada Mesin OP 20

Aplikasi desain *soft jaw* baru, efektif berjalan pada November 2011. Berdasarkan kondisi sesudah aplikasi modifikasi *soft jaw* didapatkan penurunan *reject part* pada proses mesin OP 20 lini produksi *machining front* dan *rear cast wheel* sebagai berikut.

Tabel 4.11 Data *Reject Rate Machining Front Cast Wheel* Sesudah Perbaikan

Periode	Jumlah Produksi (pcs)	Jumlah Reject (pcs)	Reject Rate (pcs)	Jumlah Reject OP 20 (pcs)	Reject Rate OP 20 (pcs)
Nov-11	31,233	625	2.001%	152	0.487%
Dec-11	25,709	521	2.027%	123	0.478%
Jan-12	28,692	548	1.910%	128	0.446%
Total	85,634	1,694	1.978%	403	0.471%

Tabel 4.12 Data *Reject Rate Machining Rear Cast Wheel* Sesudah Perbaikan

Periode	Jumlah Produksi (pcs)	Jumlah Reject (pcs)	Reject Rate (pcs)	Jumlah Reject OP 20 (pcs)	Reject Rate OP 20 (pcs)
Nov-11	31,335	631	2.014%	149	0.476%
Dec-11	25,684	519	2.021%	126	0.491%
Jan-12	28,238	532	1.884%	128	0.453%
Total	85,257	1,682	1.973%	403	0.473%

Berdasarkan data aktual diatas, terlihat bahwa kondisi *reject part* setelah dilakukan modifikasi desain *soft jaw* pada proses mesin OP 20 selama periode November 2011 – Januari 2012 rata-rata *reject rate* secara total sekitar 1.98%, sedangkan khusus untuk proses OP 20 *reject rate* menjadi sekitar 0.47%.

Secara teknis dan teoritis penurunan *reject* dengan modifikasi *soft jaw* dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Penambahan luasan area cengkaman meningkatkan daya tekan pada benda kerja, sehingga cengkaman terhadap benda kerja menjadi lebih kuat.
2. Perubahan posisi cengkaman dari luar ke bagian dalam benda kerja dan bentuk bidang kontak dari *shaft* menjadi *hole* membuat posisi pada saat mencengkam menjadi lebih stabil.

4.4.2 Aplikasi Metode *Sampling Proses OP 40 (Leak Test)*

Proses inspeksi pada proses *machining front* dan *rear cast wheel* terdiri dari 2 proses yaitu *leak test* dan *visual check*. Kedua proses inspeksi ini dilakukan 100%. Dari kedua CSVSM diketahui bahwa proses OP 40 (*leak test*) merupakan proses dengan *cycle time*

tertinggi 51.05 detik untuk *machining front cast wheel* dan 50.44 detik untuk *machining rear cast wheel*. Efektivitas proses inspeksi khususnya proses OP 40 (*leak test*) dapat ditingkatkan dengan menggunakan metode *sampling*. Beberapa pertimbangan untuk dapat melakukan proses inspeksi secara tidak 100% atau dengan metode *sampling* adalah:

- a. Menurunkan *cycle time* proses produksi *machining cast wheel*, sehingga *output* dan kapasitas produksi meningkat sesuai dengan permintaan *customer*.
- b. Inspeksi kebocoran (*leak test*) bertujuan untuk memeriksa adanya *cast wheel* yang bocor atau sebagai indikasi awal keropos (*porosity*). Kedua cacat ini dapat terdeteksi pada saat inspeksi visual *check*.
- c. Inspeksi berupa visual *check* yang dilakukan 100% pada proses terakhir produksi *machining* dapat dijadikan sebagai jaminan kualitas dan antisipasi produk cacat terkirim ke proses berikutnya atau sampai ke *customer*.
- d. Standar roda sepeda motor dari pabrikan yang menggunakan ban dalam (*tube*), tidak berpengaruh langsung terhadap fungsi roda sebagai penggerak jika terdapat kebocoran *cast wheel* karena angin ditampung dalam ban dalam (*tube*).
- e. Inspeksi kebocoran (*leak test*) dengan metode *sampling* juga dapat dijadikan jaminan kualitas secara statistik.

Metode *sampling* yang digunakan adalah *Dodge-Romig Sampling Plans*, dengan pertimbangan bahwa metode ini sering digunakan untuk karakteristik inspeksi *semi-finished product* di area *shop floor*. *F/G machining cast wheel* merupakan *semi-finished* dari produk akhir *casting wheel* atau yang umum disebut dengan *velg racing*. Berikut adalah parameter dalam menentukan rencana *sampling* pada proses OP 40 (*leak test*) yang diusulkan:

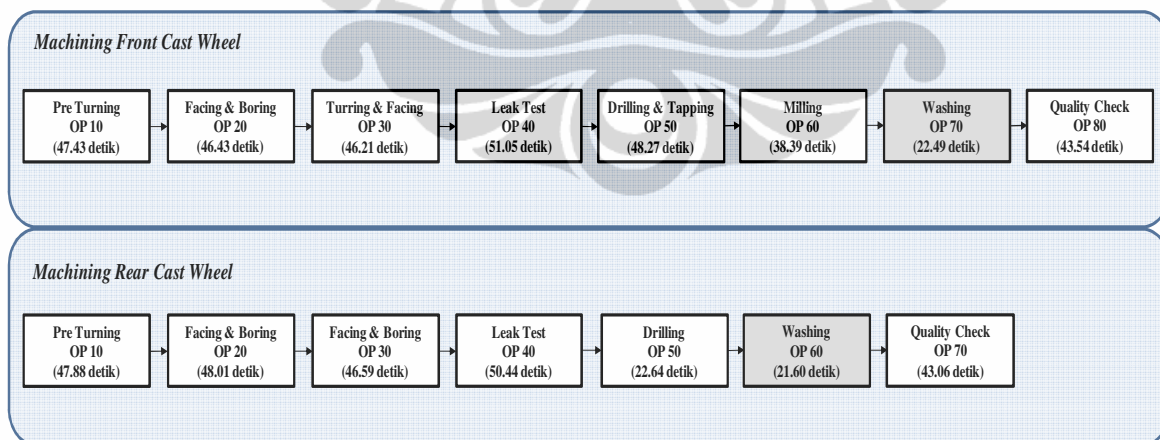
1. Ukuran lot, $N = 50$ pcs.
2. Standar dan aktual *reject part* akibat proses *machining* rata-rata adalah 2%.
3. Rencana *sampling* yang digunakan adalah tunggal dan *random* (acak).

Berdasarkan parameter diatas dan dengan mengacu pada tabel *Dodge-Romig Single Sampling Lot Inspection* (tabel terdapat pada lampiran 13) dengan *Lot Tolerance Percent Defective (LPTD) = 5%* dan resiko *customer = 0.1* didapatkan hasil sebagai berikut:

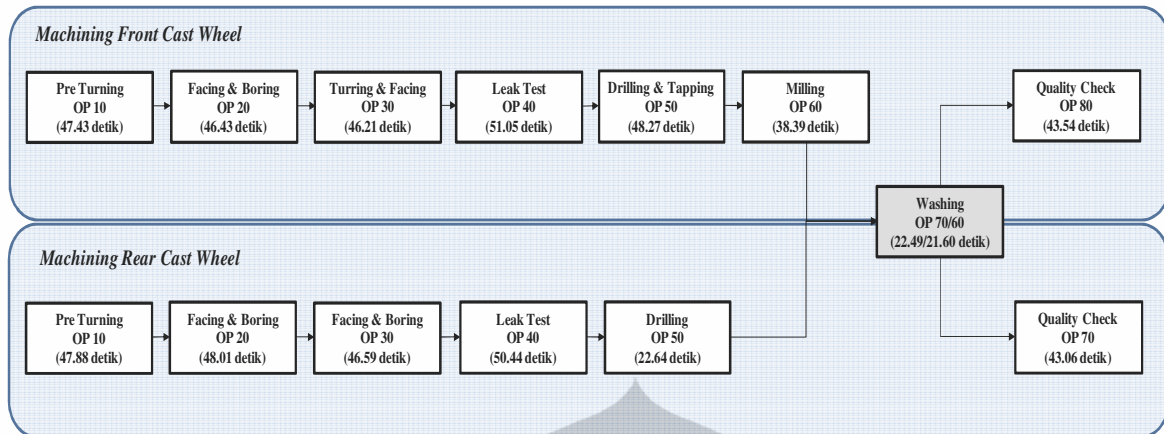
- Jumlah *sample*, $n = 30$
- Jumlah cacat yang diperbolehkan dalam *sample*, $c = 0$ (jika terdapat cacat pada *sample*, maka dilakukan inspeksi 100% pada lot tersebut)
- Proporsi item cacat yang terkandung dalam lot yang diterima, AOQL (*Average Outgoing Quality Level*) adalah 0.49%

4.4.3 Penggabungan Proses OP 70 / OP 60 (*Washing*)

Berdasarkan analisa dari CSVSM dan PAM *machining front cast wheel* ditemukan adanya *waste* berupa *waiting/idle* pada proses OP 70 (*washing*), dimana *man power* sering mengganggu karena menunggu *part* dari proses sebelumnya. Rekomendasi perbaikan untuk *waste* ini adalah dengan melakukan penggabungan proses *washing* untuk *machining front* dan *rear cast wheel*, sehingga didapatkan efisiensi *man power* sebanyak 1 orang per shift atau total pengurangan sebanyak 3 *man power* untuk lini produksi *machining cast wheel*. Berikut adalah detail gambaran awal aliran proses dan rekomendasi penggabungan proses *washing*.



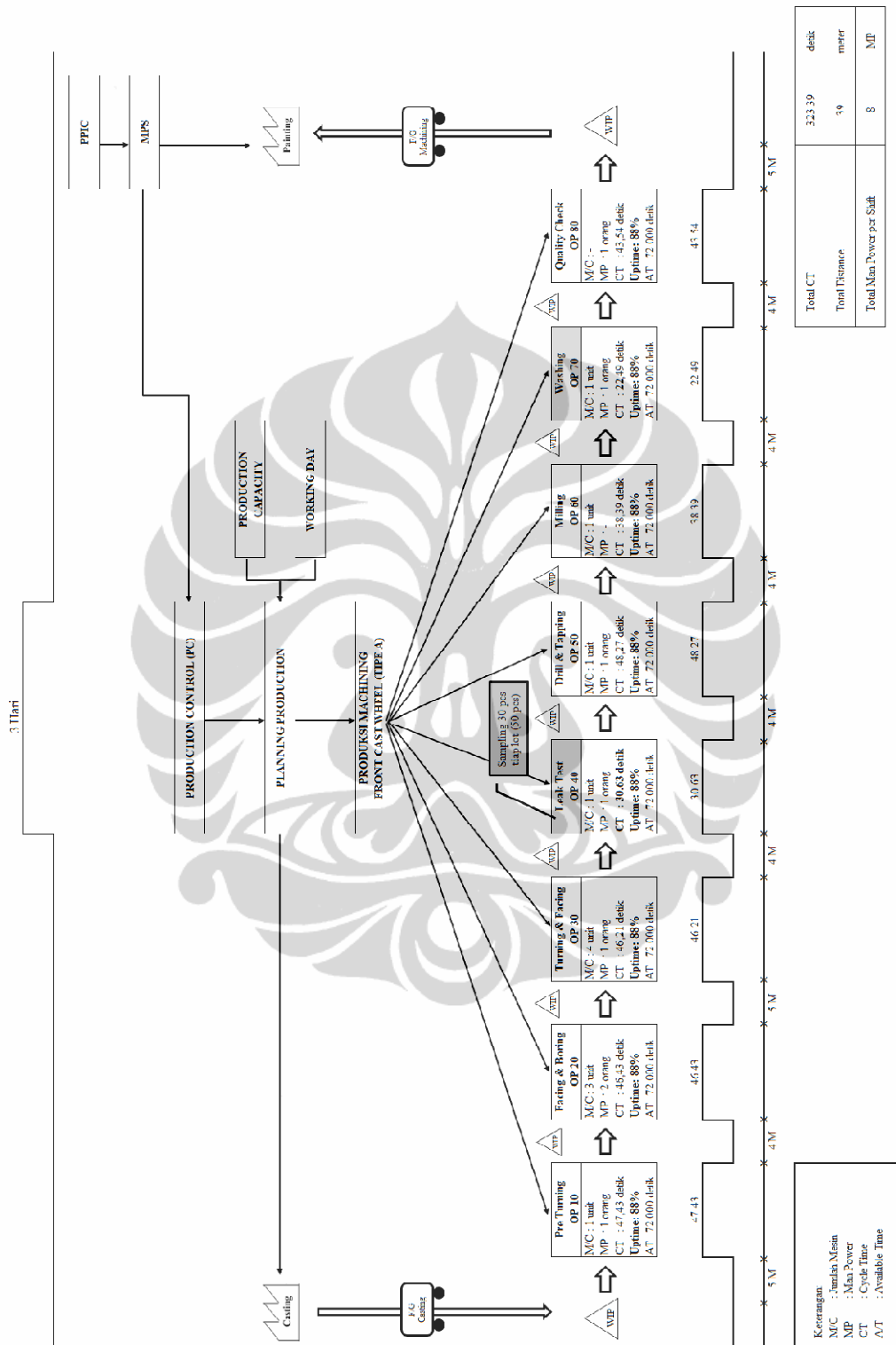
Gambar 4.14 Aliran Proses Produksi *Machining Front* dan *Rear Cast Wheel* (Sebelum Perbaikan)



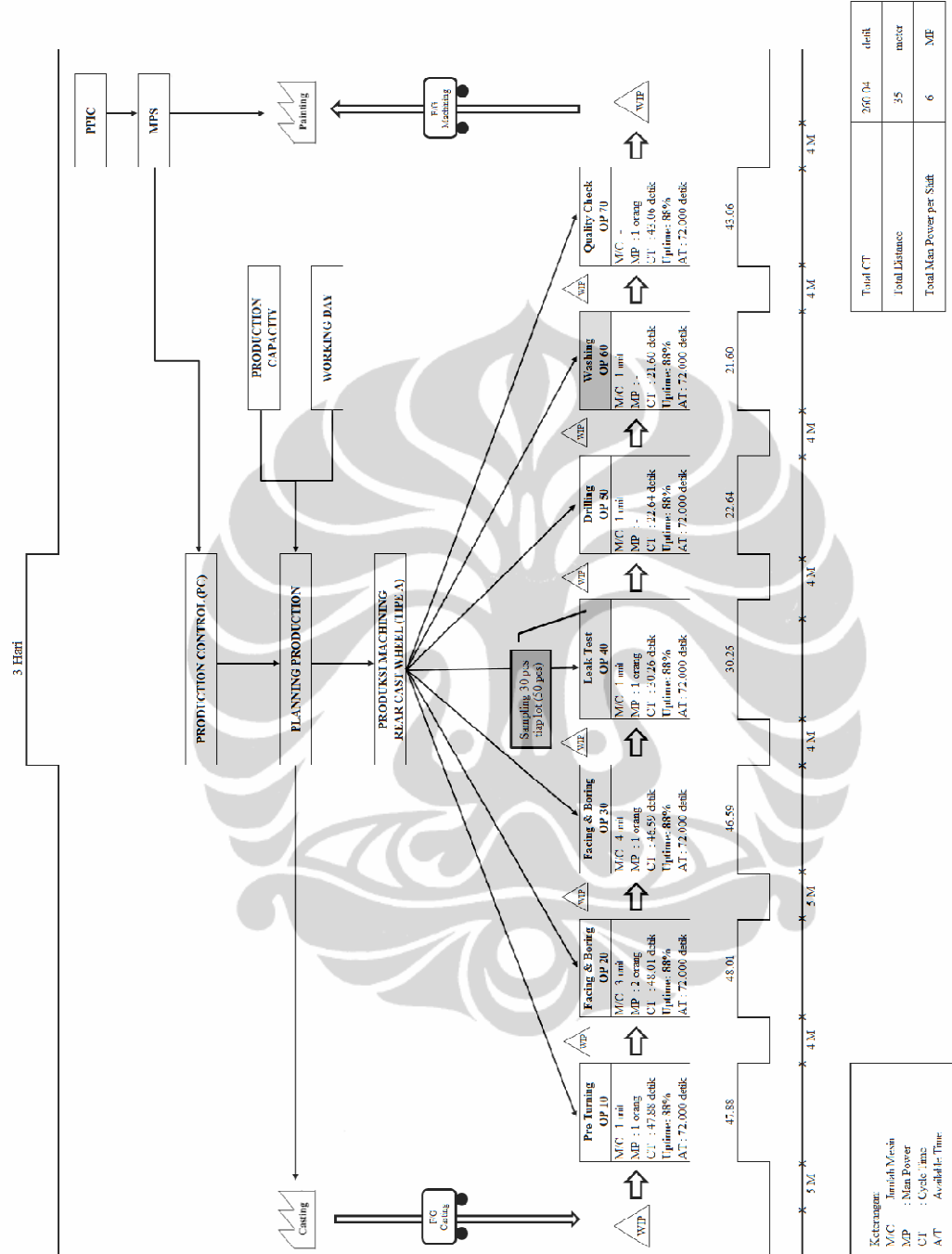
Gambar 4.15 Rekomendasi Perbaikan Aliran Proses Produksi *Machining Front* dan *Rear Cast Wheel*

Adanya perbaikan aliran proses berupa penggabungan proses *washing* mengakibatkan terjadinya perubahan *layout* pada *shop floor* lini produksi *machining cast wheel*. Secara detail gambaran awal dan perubahan *layout* pada *shop floor* lini produksi *machining cast wheel* dapat dilihat pada lampiran 14.

Berdasarkan rekomendasi ketiga perbaikan diatas, maka dapat dibuatkan *Future State Value Stream Mapping* (FSVSM) untuk *machining front* dan *rear cast wheel* sebagai berikut.



Gambar 4.16 Future State Value Stream Mapping Front Cast Wheel Tipe A



Gambar 4.17 Future State Value Stream Mapping Rear Cast Wheel Tipe A

4.5 Evaluasi Rekomendasi Perbaikan

Evaluasi terhadap rekomendasi perbaikan bertujuan untuk melihat efektivitas dan manfaat yang didapatkan dari hasil perbaikan. Implementasi rekomendasi perbaikan secara aktual baru dijalankan untuk modifikasi *soft jaw* pada mesin OP 20, sedangkan untuk dua rekomendasi lainnya masih berupa konsep perbaikan. Oleh karena itu, metode yang digunakan dalam melakukan evaluasi adalah dengan cara perbandingan (komparasi) dan simulasi.

4.5.1 Metode Perbandingan (Komparasi)

Metode evaluasi untuk rekomendasi pertama atau modifikasi *soft jaw* pada mesin OP 20 dapat dilakukan dengan cara perbandingan (komparasi) yaitu membandingkan kondisi *reject part* sebelum dan sesudah perbaikan. Kondisi sebelum perbaikan dengan menggunakan data *reject part* selama periode April – September 2011, sedangkan kondisi sesudah perbaikan dengan menggunakan data *reject part* selama periode November 2011 – Januari 2012. Berikut adalah perbandingan *reject part* sebelum dan sesudah perbaikan desain *soft jaw* pada mesin OP 20.

Tabel 4.13 *Reject Rate* Pada Mesin OP 20 Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Lini Produksi	Reject Rate		Efisiensi
	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	
Proses OP 20 Machining Front Cast Wheel	5.266%	0.471%	4.795%
Proses OP 20 Machining Rear Cast Wheel	5.253%	0.473%	4.780%

Dari tabel diatas terlihat bahwa proses perbaikan pada mesin proses OP 20 dapat menurunkan *reject rate* sampai dengan sekitar 4.79%. Penurunan *reject rate* yang signifikan ini dapat dijadikan evaluasi standar *reject rate* yang sudah ditetapkan oleh manajemen. Berikut adalah evaluasi *reject part* secara keseluruhan pada lini produksi *machining front* dan *rear cast wheel* dengan menggunakan metode perbandingan.

Tabel 4.14 *Reject Rate* Lini Produksi *Machining Front* dan *Rear Cast Wheel* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Lini Produksi	Reject Rate		Efisiensi
	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	
Machining Front Cast Wheel	6.789%	1.978%	4.811%
Machining Rear Cast Wheel	6.728%	1.973%	4.755%

Berdasarkan data diatas penurunan *reject rate* pada keseluruhan proses *machining front* dan *rear cast wheel* mencapai sekitar 4.8%. Hal ini mengindikasikan bahwa perbaikan pada mesin OP 20 berdampak signifikan terhadap penurunan *reject rate* pada keseluruhan lini produksi *machining cast wheel*. *Reject rate* aktual sesudah perbaikan sebesar 1.98% atau maksimal sekitar 2% dapat dijadikan sebagai standar baru.

Peningkatan standar *reject rate* dari 5% menjadi 2% akan berdampak pada peningkatan *uptime* produksi. Penurunan *reject rate* sebesar 3% akan meningkatkan *uptime* produksi dari 85% menjadi 88% (*loss time* 12%). Peningkatan standar *uptime* secara langsung akan berdampak pada peningkatan *output* dan kapasitas produksi. Berikut adalah perhitungan kapasitas produksi sesudah perbaikan pada *soft jaw* mesin OP 20.

Tabel 4.15 Kapasitas Produksi *Machining Cast Wheel* Sesudah Perbaikan

Tipe	Proses	Produk	Waktu Tersedia (detik)				Loss Time	Waktu Efektif (detik)	Cycle Time (detik)	Kapasitas (pcs)
			S1	S2	S3	Total				
A	Machining	Front Wheel	27,600	24,000	20,400	72,000	12%	63,360	51.00	1,242
A	Machining	Rear Wheel	27,600	24,000	20,400	72,000	12%	63,360	50.80	1,247

Berdasarkan perhitungan diatas, dengan adanya perbaikan *soft jaw* pada mesin OP 20 didapatkan peningkatan *output* atau kapasitas produksi sebesar 42 set per hari.

4.5.2 Metode Simulasi

Metode simulasi digunakan untuk evaluasi semua rekomendasi perbaikan. Rekomendasi perbaikan dilakukan *running* dalam suatu model dengan menggunakan *software* simulasi Arena 7.

Data waktu proses yang digunakan dalam simulasi adalah data yang berasal dari pengukuran dengan *stopwatch*. Berikut adalah data waktu dan distribusi data yang digunakan sebagai *input* pada simulasi.

Tabel 4.16 Data Waktu Proses (*Input* Simulasi)

Area	Proses	Distribusi Data	Waktu Proses Rata-Rata (detik)	Std Deviasi
Lini Machining Front Cast Wheel	OP 10	Distribusi Normal	47,43	0,699
	OP 20	Distribusi Normal	46,43	1,018
	OP 30	Distribusi Normal	46,21	1,480
	OP 40	Distribusi Normal	51,05	1,060
	OP 50	Distribusi Normal	48,27	0,941
	OP 60	Distribusi Normal	38,39	0,795
	OP 70	Distribusi Normal	22,49	1,209
	OP 80	Distribusi Normal	43,54	0,944
Lini Machining Rear Cast Wheel	OP 10	Distribusi Normal	47,88	1,435
	OP 20	Distribusi Normal	48,01	0,904
	OP 30	Distribusi Normal	46,59	0,951
	OP 40	Distribusi Normal	50,44	1,010
	OP 50	Distribusi Normal	22,64	0,291
	OP 60	Distribusi Normal	21,60	0,861
	OP 70	Distribusi Normal	43,06	1,136

Beberapa parameter dalam pembuatan model untuk proses simulasi ditentukan sebagai berikut:

1. *Running* simulasi dilakukan selama 20 periode, dengan waktu tiap periode adalah 72.000 detik (3 *shift*).
2. Stok awal bahan baku di area penyimpanan bahan baku adalah 500 set.
3. Penerimaan bahan baku adalah 1.300 set per hari dengan jadwal:
 - Jam 10.00: 300 set
 - Jam 15.00: 250 set
 - Jam 19.00: 250 set
 - Jam 23.00: 250 set

- Jam 05.00: 250 set

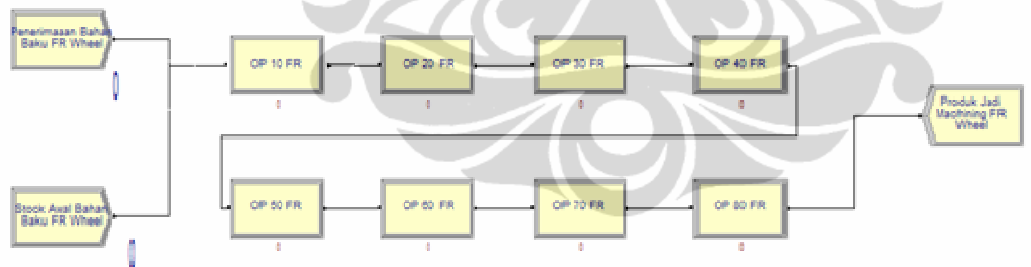
Selain parameter diatas, dalam desain model simulasi terdapat perbedaan untuk kondisi sebelum dan sesudah perbaikan sebagai berikut.

Tabel 4.17 Perbedaan Kondisi Model Simulasi

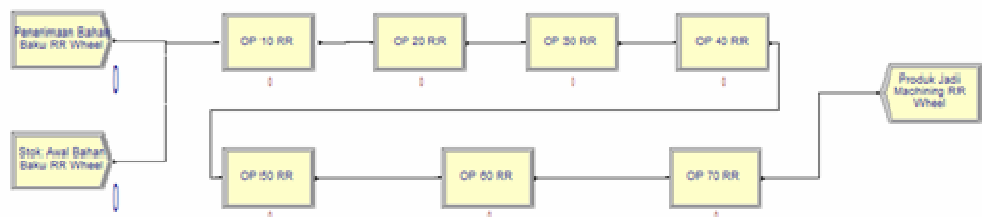
No	Item	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	Keterangan
1	Standar Loss Time/ Up time	15% 85%	12% 88%	Penurunan reject proses OP20
2	Proses OP 40 (leak test)	Inspeksi 100%	Sampling 30 pcs per lot	Aplikasi Metode Dodge- Romig Sampling Plans
3	Proses Washing	Proses terpisah antara lini produksi machining front dan rear wheel	Proses digabung antara lini produksi machining front dan rear wheel	Balancing proses

Berdasarkan parameter dan data waktu proses diatas, maka dapat dibuatkan model proses produksi *machining front* dan *rear cast wheel* untuk kondisi sebelum perbaikan sebagai berikut.

Lini Produksi Machining Front Wheel



Lini Produksi Machining Rear Wheel

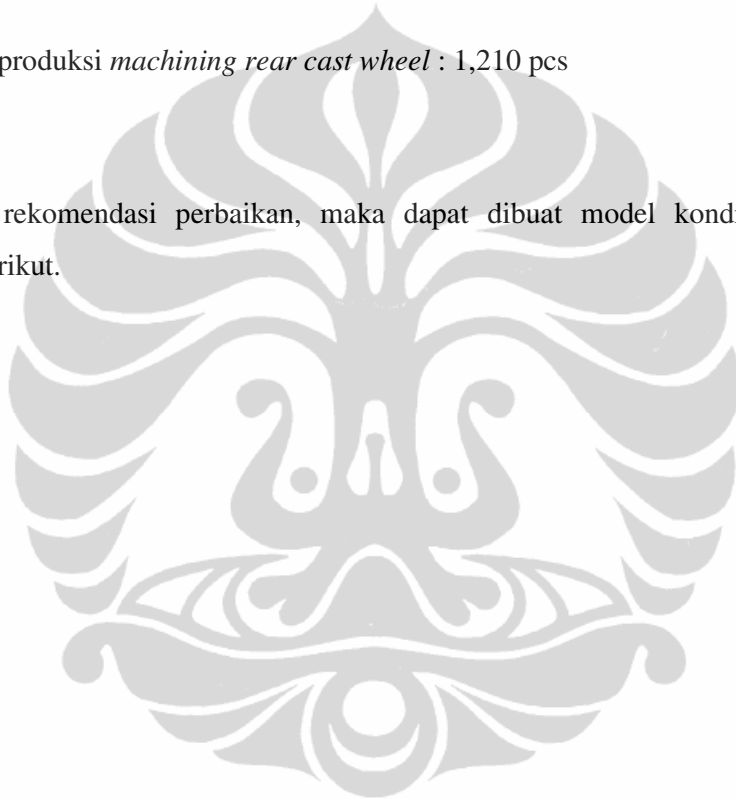


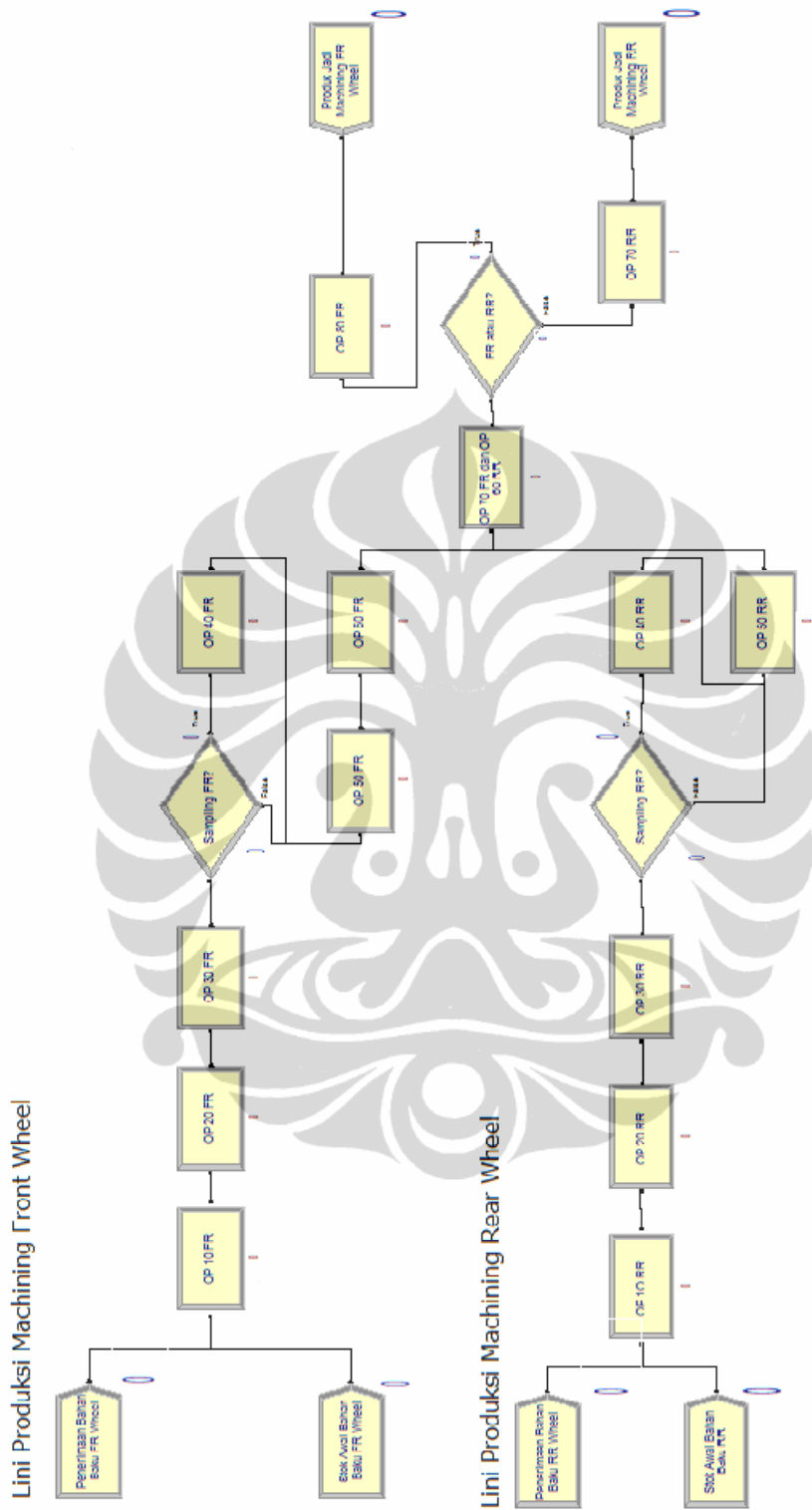
Gambar 4.18 Model Simulasi Lini Produksi *Machining Cast Wheel* Kondisi Sebelum Perbaikan

Hasil *running* model dengan kondisi awal diatas pada *software* simulasi Arena 7 dapat dilihat pada lampiran 15a, sedangkan ringkasan *output* produksi yang didapatkan adalah:

- *Output* rata-rata produksi *machining front cast wheel* : 1,203 pcs
- *Output* rata-rata produksi *machining rear cast wheel* : 1,210 pcs

Berdasarkan rekomendasi perbaikan, maka dapat dibuat model kondisi sesudah perbaikan sebagai berikut.





Gambar 4.19 Model Simulasi Lini Produksi *Machining Cast Wheel* Kondisi Sesudah Perbaikan

Hasil *running* model dengan kondisi rekomendasi (sesudah perbaikan) diatas pada *software* simulasi Arena 7 dapat dilihat pada lampiran 15b, sedangkan ringkasan *output* produksi yang didapatkan adalah:

- *Output* rata-rata produksi *machining front cast wheel* : 1,364 pcs
- *Output* rata-rata produksi *machining rear cast wheel* : 1,359 pcs

Hasil simulasi dari dua model diatas, pada model sesudah perbaikan didapatkan peningkatan *output* produksi sebesar 150 set, sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga rekomendasi dapat meningkatkan kapasitas produksi sesuai dengan permintaan *customer*.

Adanya peningkatan kapasitas produksi yang mencapai lebih dari 1,300 set per hari akan memberikan dampak langsung pada kelancaran aliran material dan inventori. Penumpukan pada area bahan baku dan potensi *shortage* pada produk jadi *machining cast wheel* dapat dihilangkan. Berikut adalah perhitungan *days physical stock* pada setiap area *supply chain* dengan rencana produksi sesuai dengan permintaan *customer* yaitu sebesar 1,300 set per hari.

Tabel 4.18 Perhitungan *Day Physical Stock Machining Cast Wheel*

Area	In	Out	Jumlah Hari Kerja	Days Physical Stock
Area Baku (F/G Casting Front Cast Wheel)	26.000	26.000	20	1,00
WIP Machining Front Cast Wheel	26.000	26.000	20	1,00
Area Produk Jadi (F/G Machining Front Cast Wheel)	26.000	26.000	20	1,00

Dari tabel diatas terlihat bahwa dengan rata-rata produksi 1,300 set per hari selama 20 hari kerja didapatkan *days physical stock* di setiap area *supply chain* sebesar 1 hari. Hal ini berarti bahwa sirkulasi bahan baku, proses, dan produk jadi berjalan dengan stabil atau tidak ada penumpukan ataupun potensi kekurangan (*shortage*).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan ini merupakan jawaban dari tujuan yang telah ditentukan sebelumnya.

5.4 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Hasil identifikasi dengan menggunakan metode *Waste Assessment Model* (WAM) didapatkan 3 (tiga) *waste* terbesar pada lini produksi *machining cast wheel* yaitu *defect/reject part* (25.88%), *unnecessary inventory* (16.73%), dan *waiting* (14.82%).
2. Pemilihan *detail mapping tools* dengan menggunakan metode VALSAT didapatkan 3 (tiga) terbesar yaitu *Process Activity Mapping* (PAM) dengan skor 502.83, *Supply Chain Response Matrix* (SCRM) dengan skor 332.19, dan *Quality Filter Mapping* (QFM) dengan skor 251.63.
3. Hasil identifikasi dan analisa didapatkan *waste* yang dominan adalah:
 - *Defect*, penyebab *part reject* terbesar pada lini produksi *machining cast wheel* adalah proses OP 20 (*facing & boring*) dengan *reject rate* sebesar 5.266% untuk proses *machining front cast wheel* dan 5.253% untuk proses *machining rear cast wheel*.
 - *Unnecessary inventory*, penumpukan stok terjadi pada area bahan baku dengan *days physical stock* sebesar 1.246 hari untuk lini produksi *machining front cast wheel* dan 1.247 hari untuk lini produksi *machining rear cast wheel*. Penyebab terjadinya stok bahan baku berlebih adalah karena keterbatasan kapasitas produksi *machining cast wheel*, sehingga penyerapan bahan baku tidak maksimal.
 - *Waiting*, aktivitas menunggu (*delay*) terjadi pada proses OP 40 (*leak test*) dan proses OP70/OP60 (*washing*) dikarenakan adanya perbedaan *cycle time* antar proses.
4. Rekomendasi perbaikan untuk pengatasan *waste* yang terjadi adalah:

- Modifikasi *soft jaw* pada mesin OP 20 (*facing & boring*).
 - Aplikasi metode *sampling* pada proses OP 40 (*leak test*).
 - Penggabungan proses OP70/OP60 (*washing*).
5. Hasil evaluasi dari rekomendasi perbaikan pada lini produksi *machining cast wheel* adalah sebagai berikut:
- Peningkatan kapasitas produksi *machining front cast wheel* menjadi 1,364 pcs per hari dan *machining rear cast wheel* menjadi 1,359 pcs per hari.
 - *Days physical stock* pada setiap area *supply chain* sebesar 1 hari, yang mengindikasikan sirkulasi bahan baku, proses, dan produk jadi stabil.
 - Penurunan *reject rate* menjadi 2%.
 - Efisiensi *man power* sebanyak 3 orang.

5.5 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan aspek finansial sebaiknya dimasukkan dalam proses evaluasi rekomendasi dan manfaat perbaikan.
2. Pada proses simulasi sebaiknya dibuatkan beberapa skenario untuk mengetahui dampak atau manfaat dari setiap rekomendasi perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Gahagan, Sean M. (2007), "Adding Value To Value Stream Mapping: A Simulation Model Template For VSM", Proceedings of the 2007 Industrial Engineering Research Conference.

Goriwondo, William M., Samson Mhlanga, and Alphonse Marecha. (2011), "Use of The Value Stream Mapping Tool for Waste Reduction in Manufacturing (Case Study for Bread Manufacturing in Zimbabwe)", Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

Grant, E.L. dan R.S Leavenworth (1991), Pengendalian Mutu Statistik. Terjemahan, Erlangga, Jakarta.

Hines, P. and Rich, N. (1997), "The seven value stream mapping tools", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17 No. 1, pp. 46-64.

Hines, P., and D. Taylor. (2000), Going Lean, Lean Enterprise Research Center, Cardiff Business School.

Mc. Williams, Douglas L and Edem G. Tetteh. (2008), "Value-Stream Mapping to Improve Productivity in Transmission Case Machining", Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference J. Fowler and S. Mason. Eds.

Rawabdeh, I. (2005), "A model for the assessment of waste in job shop environments", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 25 No. 8, pp. 800-822.

Singh, Bhim, S.K. Garg, S.K. Sharma, dan Chandandeep Grewal. (2010), "Lean implementation and its benefits to production industry", International Journal of Lean Six Sigma Vol. 1 No. 2, 2010.

Tilak, Minakshi, Eileen Van Aken, Tom McDonald, and Kannan Ravi, "Value Stream Mapping: A Review and Comparative Analysis of Recent Applications".

Wee, H.M and Simon Wu. (2009), "Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company", Supply Chain Management: An International Journal 14/5 (2009) 335-341.

Lampiran 1

Penjelasan Keterkaitan Antar *Waste*

Overproduction

O_I	Over-production consumes and needs large amounts of raw material causing stocking of raw material and producing more work-in-process that consume floor space, and are considered as a temporary form of inventory that has no customer (process) that may order it.
O_D	When operators are producing more, their concern about the quality of the parts produced will decrease, because of the sense that there exists enough material to substitute the defects.
O_M	Overproduction leads to non-ergonomic behavior, which leads to non-standardized working method with a considerable amount of motion losses.
O_T	Over-production leads to higher transportation effort to follow the overflow of materials.
O_W	When producing more, the resources will be reserved for longer times, thus other customer will be waiting and larger queues begin to form

Inventory

I_O	The higher level of raw materials in stores can push workers to work more, so as to increase the profitability of the company.
I_D	Increasing inventory (RM, WIP, and FG) will increase the probability of become defected due to lack of concern and unsuitable storing conditions.
I_M	Increasing inventory will increase the time for searching, selecting, grasping, reaching, moving, and handling.
I_T	Increasing inventory sometimes block the available aisles, making a production activity more transportation time-consuming.

Defects

D_O	Over-production behavior appears in order to overcome the lack of parts due to defects.
D_I	Producing defective parts that need to be reworked means that increased levels of WIP exist in the form of inventory.
D_M	Producing defects increases the time of searching, selection, and inspection of parts, not to mention that reworks are created which need higher training skills.
D_T	Moving the defective parts to rework station will increase transportation intensity (back streams) i.e. wasteful transportation activities.
D_W	Reworks will reserve workstations so that new parts will be waiting to be processed

Motion

M_I	Non-standardized work methods lead to high amounts of work in process.
M_D	Lack of training and standardization means the percentage of defects will increase.
M_P	When jobs are non-standardized, process waste will increase due to the lack of understanding the available technology capacity.
M_W	When standards are not set, time will be consumed in searching, grasping, moving, assembling, which result in an increase in part waiting parts.

Transportation

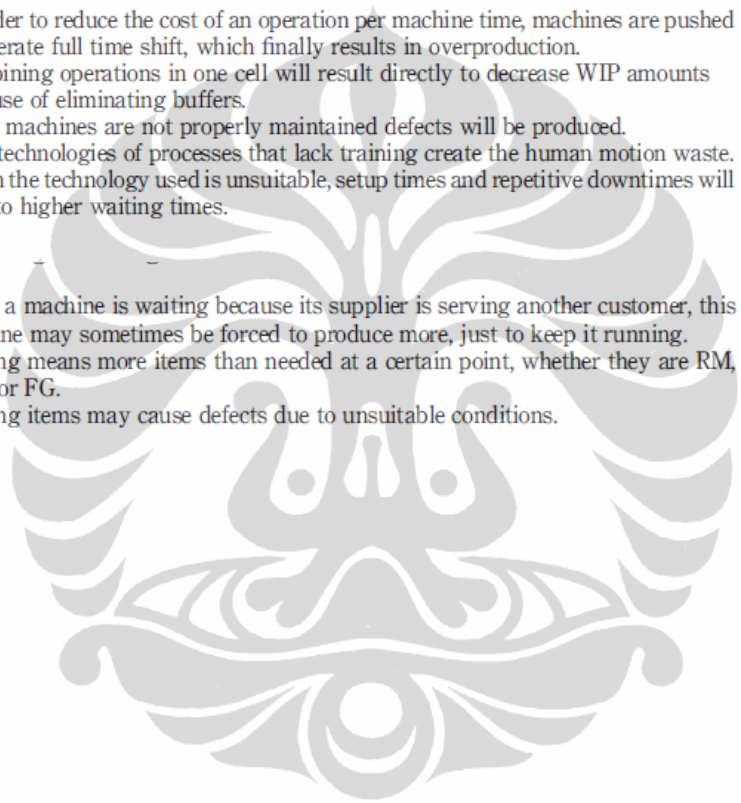
T_O	Items are produced more than needed based on the capacity of the handling system so as to minimize transporting cost per unit.
T_I	Insufficient number of material handling equipment (MHE) leads to more inventory that can affect other processes.
T_D	MHE plays a considerable role in transportation waste. Non-suitable MHE can sometimes damage items that end being defects.
T_M	When items are transported anywhere this means a higher probability of motion waste presented by double handling and searching.
T_W	If MHE is insufficient, this means that items will remain idle, waiting to be transported

Process

P_O	In order to reduce the cost of an operation per machine time, machines are pushed to operate full time shift, which finally results in overproduction.
P_I	Combining operations in one cell will result directly to decrease WIP amounts because of eliminating buffers.
P_D	If the machines are not properly maintained defects will be produced.
P_M	New technologies of processes that lack training create the human motion waste.
P_W	When the technology used is unsuitable, setup times and repetitive downtimes will lead to higher waiting times.

Waiting

W_O	When a machine is waiting because its supplier is serving another customer, this machine may sometimes be forced to produce more, just to keep it running.
W_I	Waiting means more items than needed at a certain point, whether they are RM, WIP, or FG.
W_D	Waiting items may cause defects due to unsuitable conditions.



Lampiran 2

Jawaban dan Skor Keterkaitan Antar Waste

Pertanyaan Hubungan	1		2		3		4		5		6		Total Skor
	Jawaban	Bobot	Jawaban	Bobot	Jawaban	Bobot	Jawaban	Bobot	Jawaban	Bobot	Jawaban	Bobot	
1 O_I	a	4	a	4	a	4	a	2	c	1	a	4	17
2 O_D	a	4	b	1	b	2	c	0	a	1	c	0	8
3 O_M	b	2	b	1	c	0	a	2	c	1	c	0	6
4 O_T	b	2	c	0	b	2	b	1	b	1	b	2	8
5 O_W	b	2	c	0	b	2	b	1	a	1	b	2	8
6 L_O	b	2	c	0	b	2	a	2	b	1	c	0	7
7 L_D	b	2	c	0	b	2	a	2	d	2	b	2	10
8 L_M	a	4	a	2	b	2	a	2	e	2	c	0	12
9 L_T	a	4	b	1	c	0	a	2	c	1	b	2	10
10 D_O	b	2	b	1	b	2	c	0	a	1	b	2	8
11 D_I	a	4	b	1	b	2	b	1	d	2	b	2	12
12 D_M	b	2	b	1	a	4	b	1	e	2	b	2	12
13 D_T	a	4	a	2	a	4	b	1	c	1	b	2	14
14 D_W	a	4	a	2	b	2	b	1	d	2	b	2	13
15 M_I	c	0	a	2	b	2	c	0	c	1	b	2	7
16 M_D	a	4	b	1	b	2	a	2	g	4	a	4	17
17 M_W	b	2	a	2	b	2	b	1	d	2	b	2	11
18 M_P	b	2	b	1	a	4	c	0	c	1	b	2	10
19 T_O	c	0	b	1	c	0	b	1	f	2	c	0	4
20 T_I	c	0	b	1	b	2	b	1	f	2	b	2	8
21 T_D	b	2	c	0	b	2	b	1	e	2	b	2	9
22 T_M	b	2	b	1	c	0	c	0	f	2	b	2	7
23 T_W	b	2	b	1	b	2	b	1	c	1	b	2	8
24 P_O	b	2	b	1	b	2	b	1	e	2	c	0	8
25 P_I	c	0	c	0	c	0	d	0	c	1	b	2	3
26 P_D	b	2	a	2	a	4	a	2	c	1	c	0	11
27 P_M	b	2	c	0	c	0	a	2	c	4	b	2	10
28 P_W	a	4	a	2	b	2	b	1	g	1	c	0	10
29 W_O	b	2	c	0	c	0	b	1	b	1	c	0	4
30 W_I	a	4	a	2	a	4	a	2	g	4	b	2	18
31 W_D	b	2	b	1	a	4	b	1	b	1	c	0	9

Lampiran 3

Tabel Bobot Awal Pertanyaan Kuisisioner berdasarkan WRM

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	4	6	6	10	4	6	0
2		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
3		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
4		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
5		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
6		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
7		From Process	4	2	6	6	0	10	6
8	Material	To Waiting	4	0	8	6	4	6	10
9		From Waiting	2	10	6	0	0	0	10
10		From Transportation	2	4	6	4	10	0	4
11		From Inventory	4	10	6	6	6	0	0
12		From Inventory	4	10	6	6	6	0	0
13		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
14		From Inventory	4	10	6	6	6	0	0
15		From Waiting	2	10	6	0	0	0	10
16		To Defects	4	6	10	10	6	6	6
17		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
18		From Transportation	2	4	6	4	10	0	4
19		To Motion	4	6	6	10	4	6	0
20		From Waiting	2	10	6	0	0	0	10
21		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
22		From Transportation	2	4	6	4	10	0	4
23		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
24		From Motion	0	4	10	10	0	6	6
25		From Inventory	4	10	6	6	6	0	0
26		From Inventory	4	10	6	6	6	0	0
27		To Waiting	4	0	8	6	4	6	10
28		From Defects	4	6	10	6	8	0	8
29		From Waiting	2	10	6	0	0	0	10
30		From Overproduction	10	10	4	4	4	0	4
31		To Motion	4	6	6	10	4	6	0

32	Machine	From Process	4	2	6	6	0	10	6	
33		To Waiting	4	0	8	6	4	6	10	
34		From Process	4	2	6	6	0	10	6	
35		From Transportation	2	4	6	4	10	0	4	
36		To Motion	4	6	6	10	4	6	0	
37		From Overproduction	10	10	4	4	4	0	4	
38		From Waiting	2	10	6	0	0	0	10	
39		From Waiting	2	10	6	0	0	0	10	
40		To Defects	4	6	10	10	6	6	6	
41		From Waiting	2	10	6	0	0	0	10	
42		To Motion	4	6	6	10	4	6	0	
43		From Process	4	2	6	6	0	10	6	
44		Method	To Transportation	4	6	8	0	10	0	0
45			From Motion	0	4	10	10	0	6	6
46	From Waiting		2	10	6	0	0	0	10	
47	To Motion		4	6	6	10	4	6	0	
48	To Waiting		4	0	8	6	4	6	10	
49	To Defects		4	6	10	10	6	6	6	
50	From Motion		0	4	10	10	0	6	6	
51	From Defects		4	6	10	6	8	0	8	
52	From Motion		0	4	10	10	0	6	6	
53	To Waiting		4	0	8	6	4	6	10	
54	From Process		4	2	6	6	0	10	6	
55	From Process		4	2	6	6	0	10	6	
56	To Defects		4	6	10	10	6	6	6	
57	From Inventory		4	10	6	6	6	0	0	
58	To Transportation		4	6	8	0	10	0	0	
59	To Motion		4	6	6	10	4	6	0	
60	To Transportation		4	6	8	0	10	0	0	
61	To Motion		4	6	6	10	4	6	0	
62	To Motion		4	6	6	10	4	6	0	
63	From Motion		0	4	10	10	0	6	6	
64	From Motion		0	4	10	10	0	6	6	
65	From Motion		0	4	10	10	0	6	6	
66	From Overproduction		10	10	4	4	4	0	4	
67	From Process		4	2	6	6	0	10	6	
68	From Defects	4	6	10	6	8	0	8		
Total Skor			222	388	510	424	262	244	354	

Lampiran 4

Bobot Pertanyaan dibagi Ni dan Jumlah Skor (Sj) & Frekuensi (Fj)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Ni	Bobot Untuk Tiap Jenis Waste (Wj, k)						
				Wo, k	Wi, k	Wd, k	Wm, k	Wt, k	Wp, k	Ww, k
1	Man	To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00
2		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
3		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
4		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
5		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
6		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
7		From Process	7	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86
8	Material	To Waiting	5	0.80	0.00	1.60	1.20	0.80	1.20	2.00
9		From Waiting	8	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
10		From Transportation	4	0.50	1.00	1.50	1.00	2.50	0.00	1.00
11		From Inventory	6	0.67	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
12		From Inventory	6	0.67	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
13		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
14		From Inventory	6	0.67	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
15		From Waiting	8	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
16		To Defects	4	1.00	1.50	2.50	2.50	1.50	1.50	1.50
17		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
18		From Transportation	4	0.50	1.00	1.50	1.00	2.50	0.00	1.00
19		To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00
20		From Waiting	8	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
21		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
22		From Transportation	4	0.50	1.00	1.50	1.00	2.50	0.00	1.00
23		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
24		From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
25		From Inventory	6	0.67	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
26		From Inventory	6	0.67	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
27		To Waiting	5	0.80	0.00	1.60	1.20	0.80	1.20	2.00
28		From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
29		From Waiting	8	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
30		From Overproduction	3	3.33	3.33	1.33	1.33	1.33	0.00	1.33
31		To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00

32	Machine	From Process	7	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86
33		To Waiting	5	0.80	0.00	1.60	1.20	0.80	1.20	2.00
34		From Process	7	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86
35		From Transportation	4	0.50	1.00	1.50	1.00	2.50	0.00	1.00
36		To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00
37		From Overproduction	3	3.33	3.33	1.33	1.33	1.33	0.00	1.33
38		From Waiting	8	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
39		From Waiting	8	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
40		To Defects	4	1.00	1.50	2.50	2.50	1.50	1.50	1.50
41		From Waiting	8	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
42		To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00
43		From Process	7	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86
44		Method	To Transportation	3	1.33	2.00	2.67	0.00	3.33	0.00
45	From Motion		11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
46	From Waiting		8	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
47	To Motion		9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00
48	To Waiting		5	0.80	0.00	1.60	1.20	0.80	1.20	2.00
49	To Defects		4	1.00	1.50	2.50	2.50	1.50	1.50	1.50
50	From Motion		11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
51	From Defects		8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00
52	From Motion		11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55
53	To Waiting		5	0.80	0.00	1.60	1.20	0.80	1.20	2.00
54	From Process		7	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86
55	From Process		7	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86
56	To Defects		4	1.00	1.50	2.50	2.50	1.50	1.50	1.50
57	From Inventory		6	0.67	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
58	To Transportation		3	1.33	2.00	2.67	0.00	3.33	0.00	0.00
59	To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00	
60	To Transportation	3	1.33	2.00	2.67	0.00	3.33	0.00	0.00	
61	To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00	
62	To Motion	9	0.44	0.67	0.67	1.11	0.44	0.67	0.00	
63	From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55	
64	From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55	
65	From Motion	11	0.00	0.36	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55	
66	From Overproduction	3	3.33	3.33	1.33	1.33	1.33	0.00	1.33	
67	From Process	7	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86	
68	From Defects	8	0.50	0.75	1.25	0.75	1.00	0.00	1.00	
Skor (Sj)				42.00	64.00	80.00	62.00	52.00	34.00	54.00
Frekuensi (Fj)				57	63	68	57	42	36	50

Lampiran 5

Tabel Kuisisioner dan Rekap Jawaban Kuisisioner

No.	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Eng 1	Eng 2	Prod 1	Prod 2	PPIC	Rata-Rata
Kategori 1: Man									
1	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan (mesin) sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	To Motion	B	0	0	0	0	0	0
2	Apakah supervisor menetapkan standar untuk jumlah waktu dan kualitas produk yang ditargetkan dalam produksi?	From Motion	B	0.5	0.5	0	0	0.5	0.3
3	Apakah pengawasan untuk pekerjaan shift malam sudah cukup?	From Defects	B	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
4	Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja?	From Motion	B	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
5	Apakah ada program pelatihan untuk karyawan baru?	From Motion	B	0	0	0	0	0.5	0.1
6	Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya?	From Defects	B	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
7	Apakah perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di area kerja?	From Process	B	0	0.5	0.5	0	0.5	0.3
Kategori 2: Material									
8	Apakah lead time dari proses casting tersedia untuk mengatur jadwal produksi?	To Waiting	B	0.5	0	0.5	0	0.5	0.3
9	Apakah sudah terdapat pengecekan jadwal untuk ketersediaan material sebelum memulai produksi?	From Waiting	B	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.4
10	Apakah part diterima dalam satu muatan?	From Transportation	B	0	0	0	0	0	0
11	Apakah bagian perencanaan produksi memberi cukup pemberitahuan sebelumnya kepada tenaga kerja Part Control (PC) mengenai aktivitas penyimpanan barang?	From Inventory	B	0.5	0	0.5	0	0	0.2
12	Apakah tenaga kerja PC diingatkan sebelumnya mengenai perubahan inventory yang direncanakan?	From Inventory	B	0	0.5	0	0.5	0	0.2
13	Apakah terdapat akumulasi material berlebihan yang menunggu diperbaiki, dikerjakan ulang, atau dikembalikan ke casting?	From Defects	A	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.6
14	Apakah terdapat material yang tidak penting di sekitar tempat tumpukan material?	From Inventory	A	0	0.5	0.5	0.5	0	0.3
15	Apakah tenaga kerja produksi berdiri disekitar area produksi menunggu kedatangan material?	From Waiting	A	1	1	1	1	1	1
16	Apakah material dipindahkan lebih sering daripada yang dibutuhkan?	To Defects	A	1	0.5	1	0.5	1	0.8
17	Apakah part yang rusak seringkali rusak di aktivitas transportasi?	From Defects	A	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
18	Apakah WIP area dikawalkan dengan part dan material yang digunakan atau dipindah untuk proses berikutnya?	From Transportation	A	0	0	0	0	0	0
19	Apakah material yang dibongkar muat secara mekanik harus ditangani secara manual?	To Motion	A	0	0	0	0	0	0
20	Apakah digunakan wadah sebelum pengemasan untuk mempermudah perhitungan jumlah dan material handling?	From Waiting	B	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
21	Apakah item yang identik disimpan di satu lokasi untuk meminimasi waktu yang dihabiskan dalam proses penarikan untuk penanganan persediaan?	From Motion	B	0	0	0	0.5	0	0.1
22	Apakah tersedia wadah besar yang mudah dibawa untuk menghindari perulangan handling dengan wadah kecil?	From Transportation	B	0	0	0	0	0	0
23	Apakah material diuji untuk mengetahui kesesuaian terhadap spesifikasi ketika material diterima?	From Defects	B	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
24	Apakah material dengan tepat diidentifikasi melalui nomor part?	From Motion	B	0	0	0	0	0	0
25	Apakah anda menyimpan barang yang masih dalam proses (WIP) untuk diproses kemudian?	From Inventory	A	1	1	1	1	0.5	0.9
26	Apakah anda memesan raw material dan menyimpannya dalam persediaan, meskipun anda tidak memerlukannya dengan segera?	From Inventory	A	1	1	1	0.5	0.5	0.8
27	Apakah anda melongkarkan rute aliran Work In Process?	To Waiting	B	1	0.5	0.5	0.5	1	0.7
28	Apakah anda harus mengerjakan ulang untuk desain produk yang tidak sesuai?	From Defects	A	1	1	1	1	0.5	0.9
29	Apakah raw material tiba tepat waktu ketika dibutuhkan?	From Waiting	B	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
30	Apakah anda memiliki tumpukan barang jadi di dalam gudang yang tidak memiliki customer yang dijadwalkan?	From Overproduction	A	0	0	0	0	0	0
31	Apakah spare part/onderdil disimpan dengan baik?	To Motion	B	0.5	0	0	0.5	1	0.4

Kategori 3: <i>Machine</i>							
32	Apakah pengujian terhadap efisiensi mesin dan pengujian standar spesifikasi manufaktur sudah dilakukan secara periodik?	From Process To Waiting	B B	0.5 0.5	1 1	0.5 0.5	0.6 0.7
33	Apakah beban kerja untuk tiap mesin dapat diprediksi dengan jelas?	From Process	B	0	0	0.5	0.3
34	Sekali suatu mesin telah di pasang, apakah ada tindak lanjut untuk melihat jika mesin tersebut bekerja berdasarkan spesifikasinya?	From Transportation To Motion	B B	0 0	0 0	0.5 0	0
35	Apakah kapasitas peralatan material handling cukup untuk mengangkat pekerjaan yang paling berat?	From Overproduction	A	0	0	0	0
36	Jika peralatan material handling digunakan, apakah jumlah material yang dibawa sudah cukup?	From Waiting	A	0.5	0	0.5	1
37	Apakah kebijakan produksi menekan anda untuk memproduksi lebih dalam rangka mencapai pemanfaatan mesin yang terbaik?	From Waiting	A	0.5	0	0.5	1
38	Apakah mesin sering berhenti karena gangguan mekanis?	From Waiting	B	0.5	0.5	0.5	0.5
39	Apakah perkakas yang diperlukan sudah tersedia dan cukup untuk tiap proses?	To Defects	A	0.5	0	0	0.2
40	Apakah peralatan material handling membahayakan terhadap part yang dibawa?	From Waiting	A	0	0	0.5	1
41	Apakah waktu setup yang lama, dan menyebabkan penundaan terhadap aliran operasi?	To Motion	A	0.5	0	0.5	0
42	Apakah anda memiliki perkakas tidak terpakai/rusak namun masih tersedia ditempat kerja?	From Process	B	0	0.5	0	0.3
43	Apakah anda mempertimbangkan untuk meminimasi tekuensi dari setup dengan menyesuaikan penjadwalan dan desain?						
Kategori 4: <i>Method</i>							
44	Apakah luas area stock tersedia untuk menghindari kemacetan lalu lintas?	To Transportation	B	0.5	0.5	0.5	1
45	Apakah ada sistem penomoran pengambilan material yang baik yang memudahkan kita untuk mencari atau menyimpan material?	From Motion	B	0	0	0	0
46	Apakah ruang penyimpanan digunakan secara efektif untuk penyimpanan dengan bertumpuk dan forklift?	From Waiting	B	0.5	0.5	0	0.3
47	Apakah gudang dibagi menjadi dua area, area aktif untuk order yang paling sering dan stock cadangan untuk order lainnya?	To Motion	B	0.5	0.5	0	0.3
48	Apakah waktu produksi disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan?	To Waiting	B	0.5	0.5	0.5	1
49	Apakah jadwal produksi dikomunikasikan antar departemen, sehingga isi jadwal dipahami secara luas?	To Defects	B	0.5	0.5	1	0.5
50	Sudahkan standar produksi dibentuk untuk memudahkan loading mesin dengan benar?	From Motion	B	0.5	0	0	0.2
51	Apakah sudah ada suatu sistem Quality Control didalam perusahaan yang selalu diterapkan?	From Defects	B	0	0.5	0	0.1
52	Apakah pekerjaan dan operasi mempunyai waktu standar yang dibentuk melalui metode ilmu teknik industri?	From Motion	B	0	0	0.5	0.3
53	Jika suatu delay ditemukan, apakah delay tersebut dikomunikasikan kesemua departemen?	To Waiting	B	0.5	0.5	1	0.5
54	Apakah kebutuhan untuk part yang umum diadwalkan sehingga tidak ada pengurangan setup yang tidak semestinya untuk produksi item yang sama?	From Process	B	0	0.5	0	0.3
55	Apakah ada suatu kemungkinan mengombinasikan langkah tertentu untuk membentuk suatu langkah tunggal?	From Process	B	1	1	0.5	0.5
56	Apakah ada prosedur untuk inspeksi produk yang dikembalikan?	To Defects	B	0.5	0.5	0	0.4
57	Apakah asip inventori digunakan untuk tujuan seperti membeli material dan dijadwalkan produksi?	From Inventory	B	0	0.5	0.5	0
58	Apakah asile selalu dibersihkan dan dirapikan dengan baik?	To Transportation	B	0	0.5	0	0.1
59	Apakah area penyimpanan diberi tanda pada bagian-bagian tertentu?	To Motion	B	0.5	0.5	0	0.3
60	Apakah luas asile cukup untuk pergerakan bebas alat-alat?	To Transportation	B	0.5	0.5	0.5	0.5
61	Apakah area gudang digunakan untuk menyimpan material yang tidak seharusnya disimpan?	To Motion	A	0.5	0.5	0	0.3
62	Apakah ada jadwal tetap untuk membersihkan pabrik?	From Motion	B	0.5	0.5	0.5	0.5
63	Apakah kebanyakan aliran produksi mengalir satu arah?	From Motion	B	0	0	0	0
64	Apakah ada suatu kelompok yang berurusan dengan desain, konstruksi komponen, drafting, dan bentuk lain dari standarisasi?	From Motion	B	0	0	0	0
65	Apakah standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	From Motion	B	0	0.5	0	0.3
66	Apakah ketidakseimbangan kerja dapat diprediksi?	From Overproduction	B	0	0	0.5	0
67	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	From Process	B	1	1	1	1
68	Apakah hasil Quality Control, uji produk, dan evaluasi dilakukan melalui ilmu keeknikan?	From Defects	B	0.5	0.5	0.5	0.5

Lampiran 6

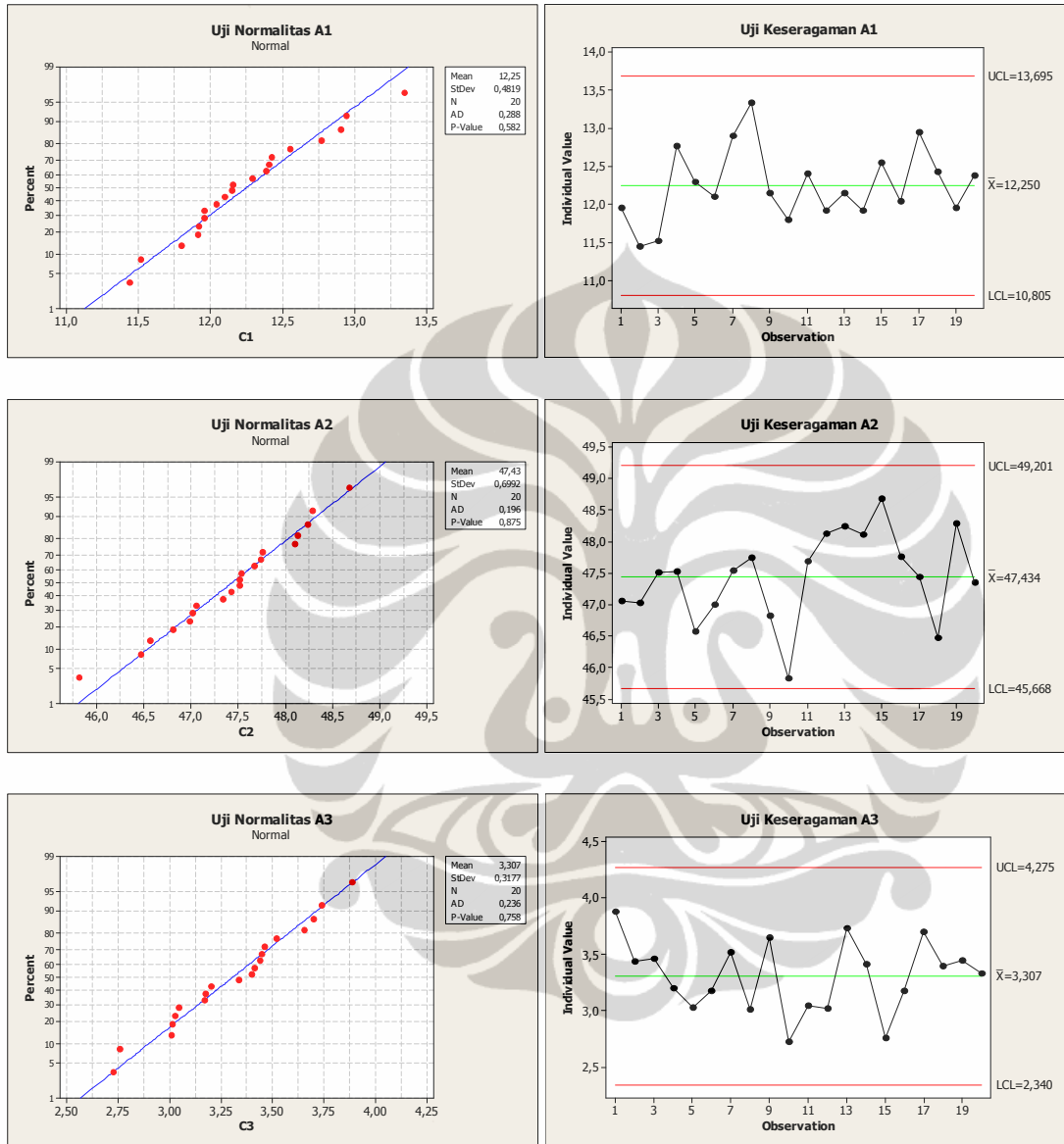
Tabel Perkalian bobot dengan hasil penilaian kuisioner dan Jumlah Skor (sj) & Frekuensi (fj)

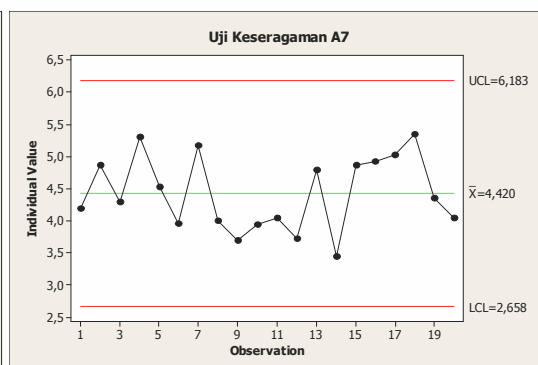
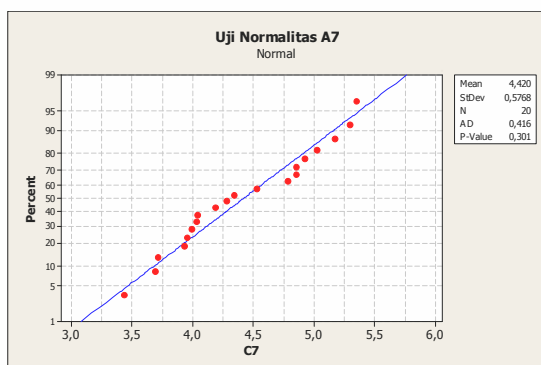
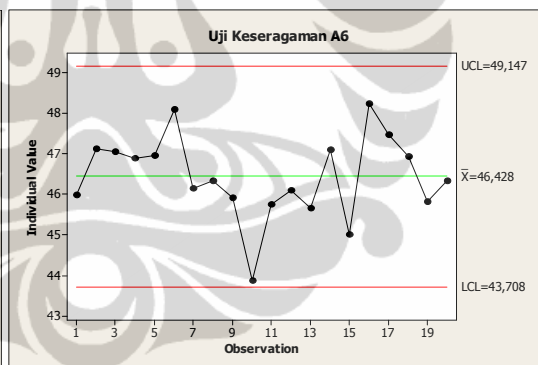
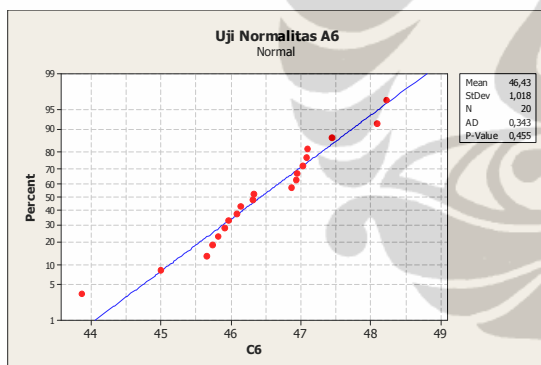
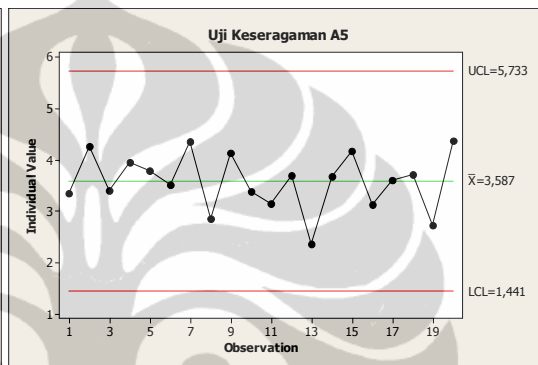
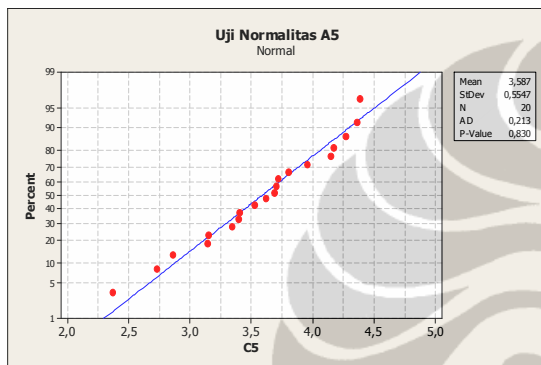
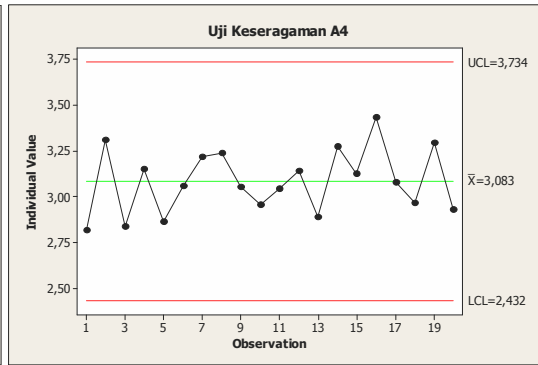
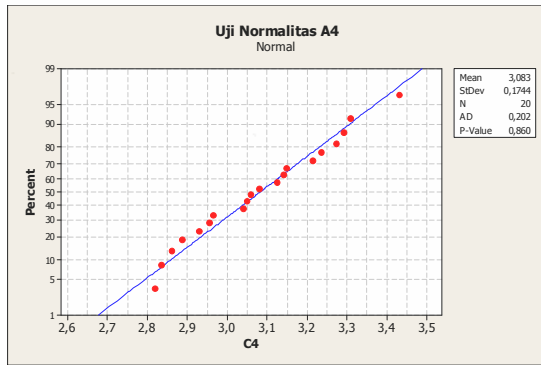
No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Rata-Rata Jawaban	Nilai Bobot Untuk Tiap Jenis Waste (Wj, k)						
				Wo, k	Wi, k	Wd, k	Wm, k	Wt, k	Wp, k	Ww, k
1	Man	To Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2		From Motion	0.30	0.00	0.11	0.27	0.27	0.00	0.16	0.16
3		From Defects	0.50	0.25	0.38	0.63	0.38	0.50	0.00	0.50
4		From Motion	0.50	0.00	0.18	0.45	0.45	0.00	0.27	0.27
5		From Motion	0.10	0.00	0.04	0.09	0.09	0.00	0.05	0.05
6		From Defects	0.50	0.25	0.38	0.63	0.38	0.50	0.00	0.50
7		From Process	0.30	0.17	0.09	0.26	0.26	0.00	0.43	0.26
8	Material	To Waiting	0.30	0.24	0.00	0.48	0.36	0.24	0.36	0.60
9		From Waiting	0.40	0.10	0.50	0.30	0.00	0.00	0.00	0.50
10		From Transportation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11		From Inventory	0.20	0.13	0.33	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00
12		From Inventory	0.20	0.13	0.33	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00
13		From Defects	0.60	0.30	0.45	0.75	0.45	0.60	0.00	0.60
14		From Inventory	0.30	0.20	0.50	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
15		From Waiting	1.00	0.25	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.25
16		To Defects	0.80	0.80	1.20	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20
17		From Defects	0.50	0.25	0.38	0.63	0.38	0.50	0.00	0.50
18		From Transportation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19		To Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20		From Waiting	0.50	0.13	0.63	0.38	0.00	0.00	0.00	0.63
21		From Motion	0.10	0.00	0.04	0.09	0.09	0.00	0.05	0.05
22		From Transportation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23		From Defects	0.50	0.25	0.38	0.63	0.38	0.50	0.00	0.50
24		From Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25		From Inventory	0.90	0.60	1.50	0.90	0.90	0.90	0.00	0.00
26		From Inventory	0.80	0.53	1.33	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00
27		To Waiting	0.70	0.56	0.00	1.12	0.84	0.56	0.84	1.40
28		From Defects	0.90	0.45	0.68	1.13	0.68	0.90	0.00	0.90
29		From Waiting	0.50	0.13	0.63	0.38	0.00	0.00	0.00	0.63
30		From Overproduction	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31		To Motion	0.40	0.18	0.27	0.27	0.44	0.18	0.27	0.00

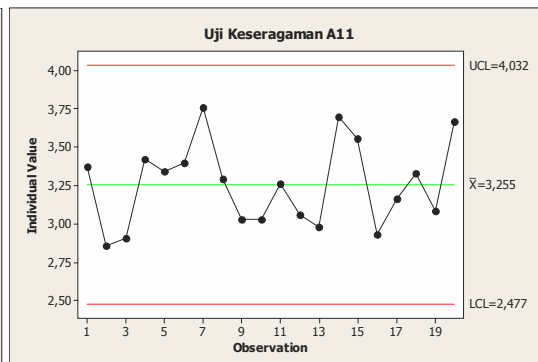
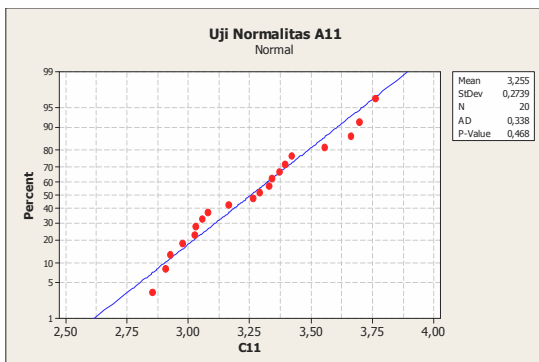
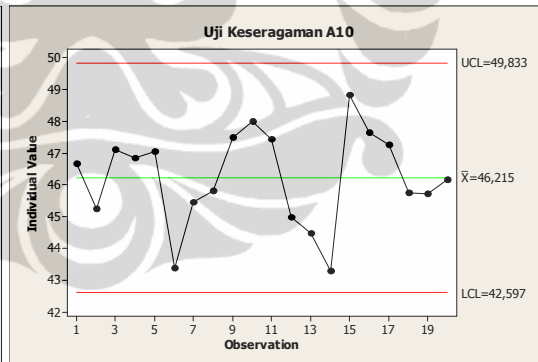
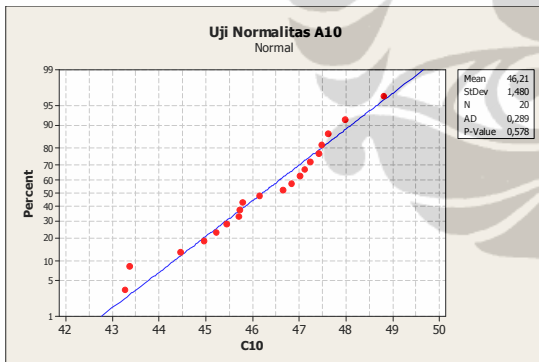
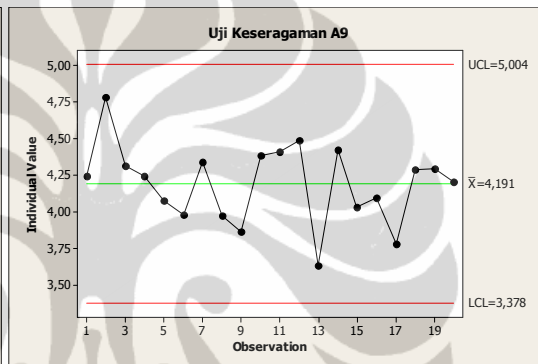
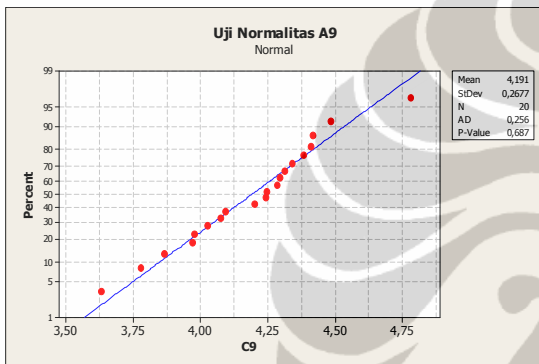
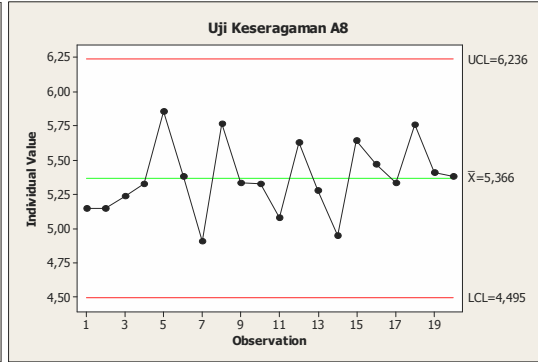
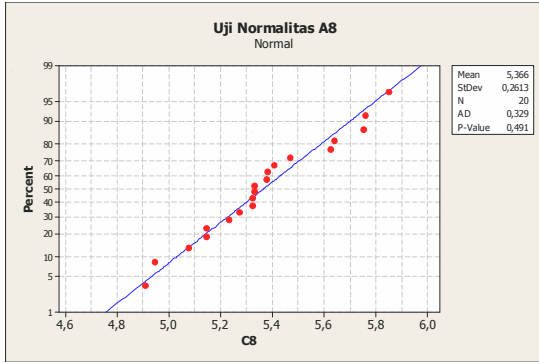
32	Machine	From Process	0.60	0.34	0.17	0.51	0.51	0.00	0.86	0.51	
33		To Waiting	0.70	0.56	0.00	1.12	0.84	0.56	0.84	1.40	
34		From Process	0.30	0.17	0.09	0.26	0.26	0.00	0.43	0.26	
35		From Transportation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
36		To Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
37		From Overproduction	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
38		From Waiting	0.50	0.13	0.63	0.38	0.00	0.00	0.00	0.63	
39		From Waiting	0.50	0.13	0.63	0.38	0.00	0.00	0.00	0.63	
40		To Defects	0.20	0.20	0.30	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	
41		From Waiting	0.40	0.10	0.50	0.30	0.00	0.00	0.00	0.50	
42		To Motion	0.20	0.09	0.13	0.13	0.22	0.09	0.13	0.00	
43		From Process	0.30	0.17	0.09	0.26	0.26	0.00	0.43	0.26	
44		Method	To Transportation	0.60	0.80	1.20	1.60	0.00	2.00	0.00	0.00
45			From Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	From Waiting		0.30	0.08	0.38	0.23	0.00	0.00	0.00	0.38	
47	To Motion		0.30	0.13	0.20	0.20	0.33	0.13	0.20	0.00	
48	To Waiting		0.60	0.48	0.00	0.96	0.72	0.48	0.72	1.20	
49	To Defects		0.50	0.50	0.75	1.25	1.25	0.75	0.75	0.75	
50	From Motion		0.20	0.00	0.07	0.18	0.18	0.00	0.11	0.11	
51	From Defects		0.10	0.05	0.08	0.13	0.08	0.10	0.00	0.10	
52	From Motion		0.30	0.00	0.11	0.27	0.27	0.00	0.16	0.16	
53	To Waiting		0.60	0.48	0.00	0.96	0.72	0.48	0.72	1.20	
54	From Process		0.30	0.17	0.09	0.26	0.26	0.00	0.43	0.26	
55	From Process		0.70	0.40	0.20	0.60	0.60	0.00	1.00	0.60	
56	To Defects		0.40	0.40	0.60	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	
57	From Inventory		0.40	0.27	0.67	0.40	0.40	0.40	0.00	0.00	
58	To Transportation	0.10	0.13	0.20	0.27	0.00	0.33	0.00	0.00		
59	To Motion	0.30	0.13	0.20	0.20	0.33	0.13	0.20	0.00		
60	To Transportation	0.50	0.67	1.00	1.33	0.00	1.67	0.00	0.00		
61	To Motion	0.30	0.13	0.20	0.20	0.33	0.13	0.20	0.00		
62	To Motion	0.50	0.22	0.33	0.33	0.56	0.22	0.33	0.00		
63	From Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
64	From Motion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
65	From Motion	0.30	0.00	0.11	0.27	0.27	0.00	0.16	0.16		
66	From Overproduction	0.10	0.33	0.33	0.13	0.13	0.13	0.00	0.13		
67	From Process	1.00	0.57	0.29	0.86	0.86	0.00	1.43	0.86		
68	From Defects	0.50	0.25	0.38	0.63	0.38	0.50	0.00	0.50		
Skor (sj)				13.98	21.44	29.69	21.10	17.09	13.65	21.99	
Frekuensi (fj)				48	50	55	44	33	29	40	

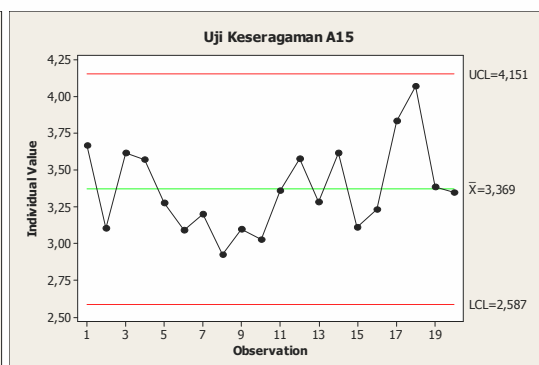
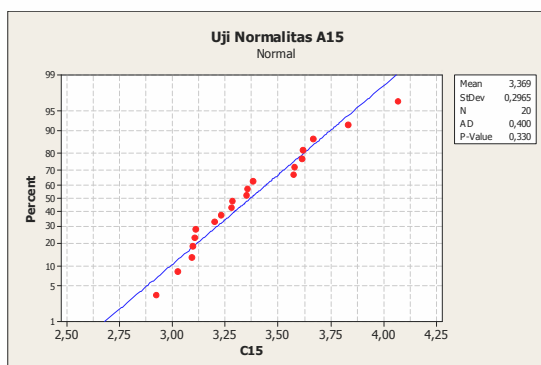
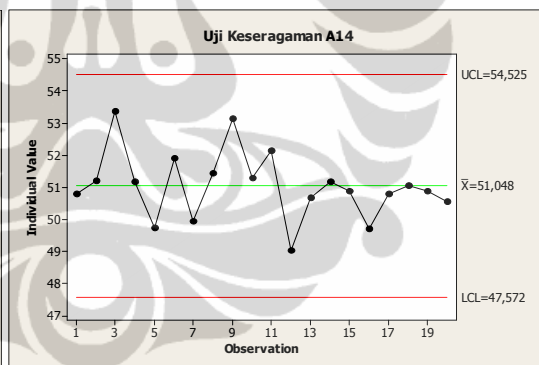
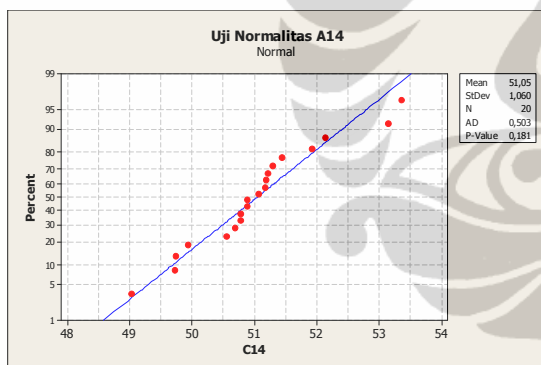
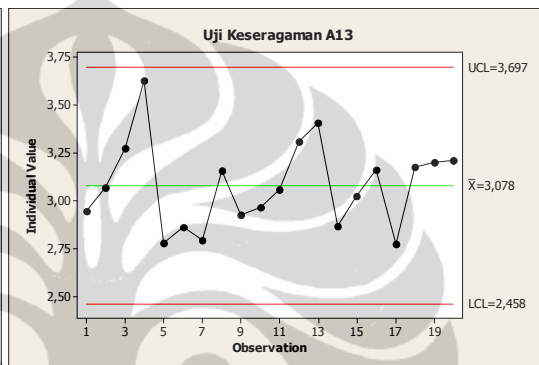
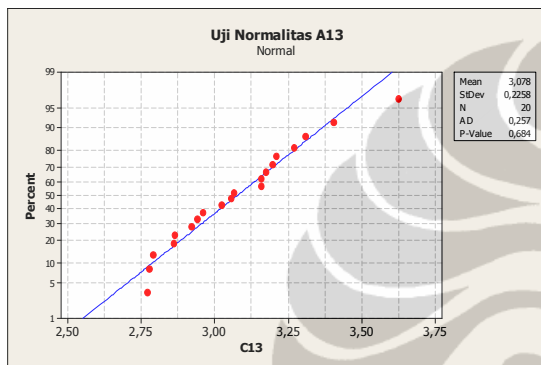
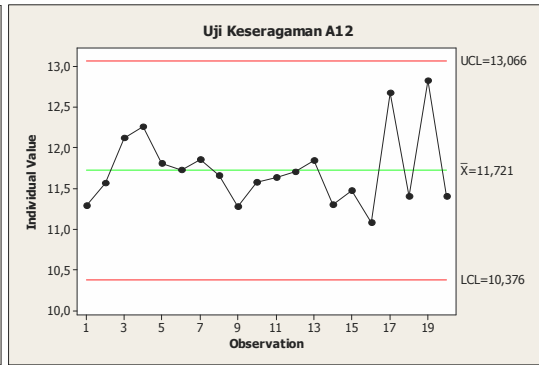
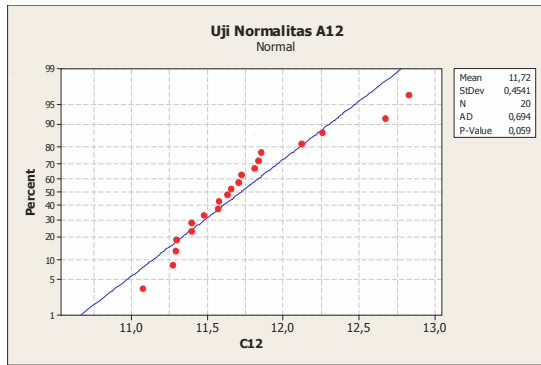
Lampiran 8

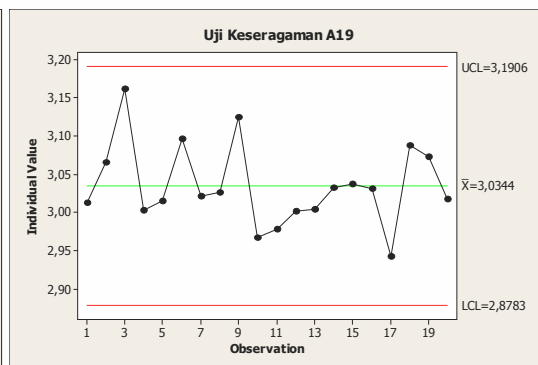
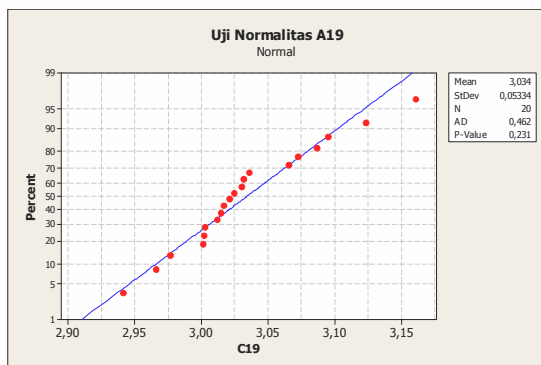
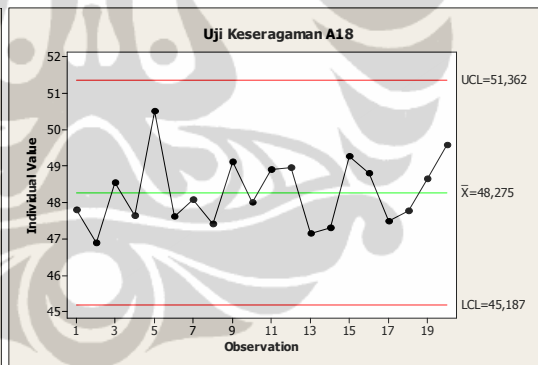
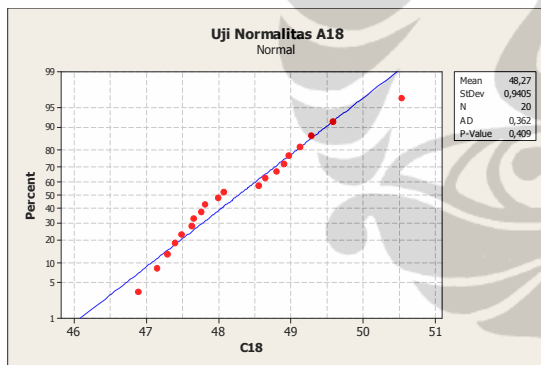
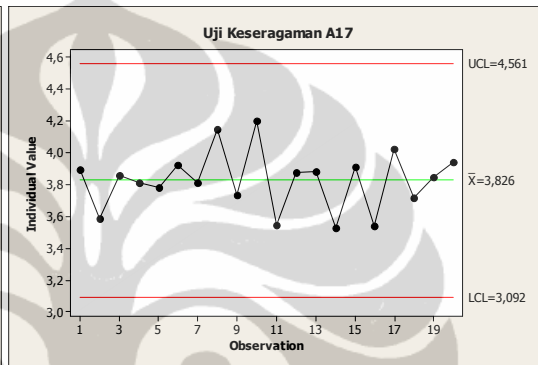
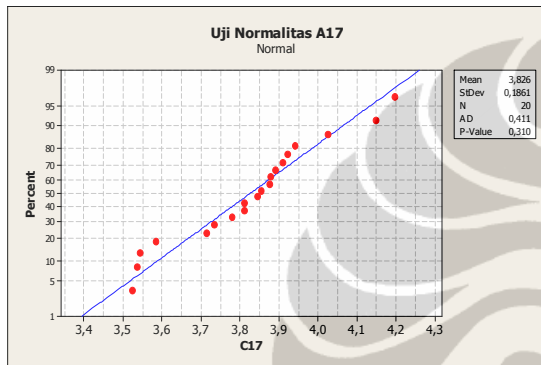
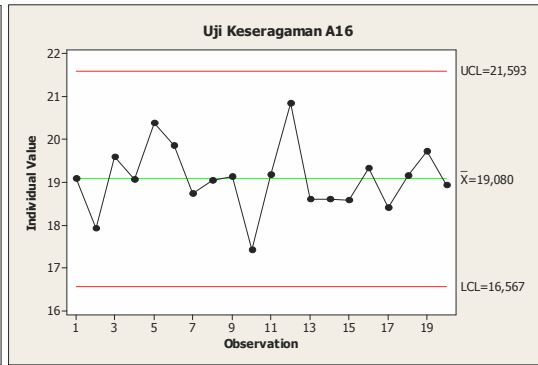
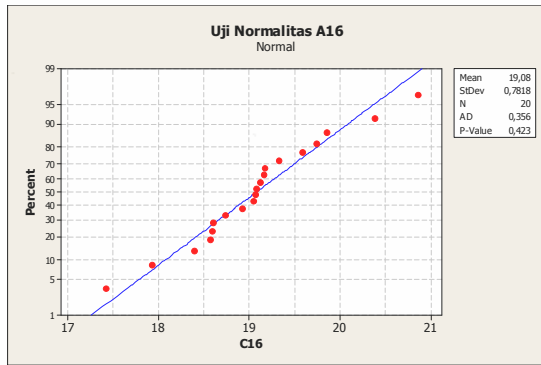
a. Uji Kenormalan dan Keseragaman Data untuk Front Cast Wheel

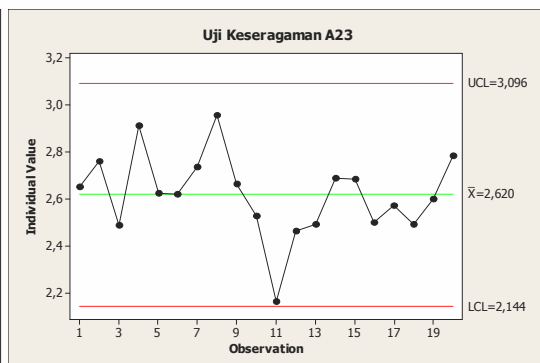
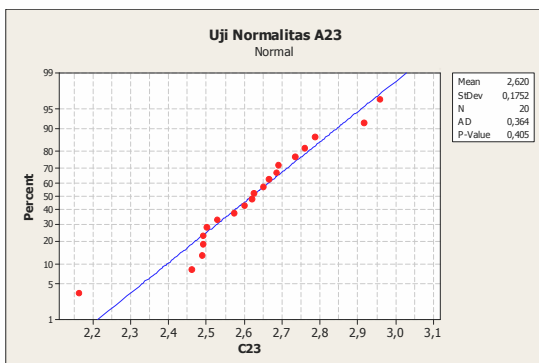
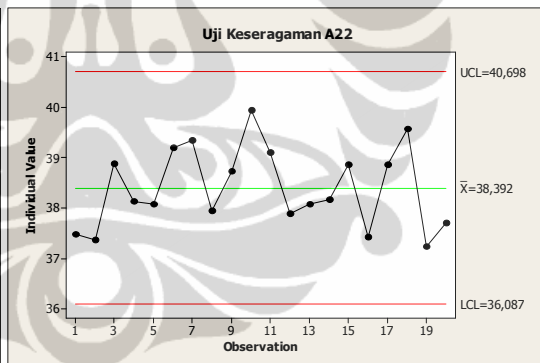
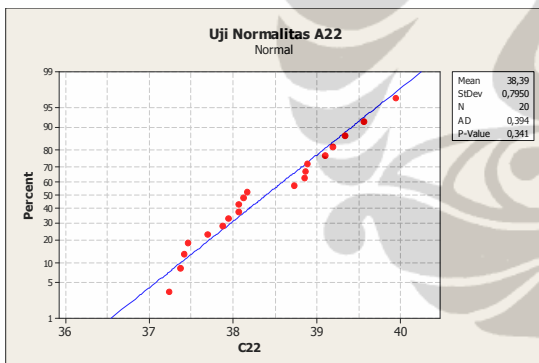
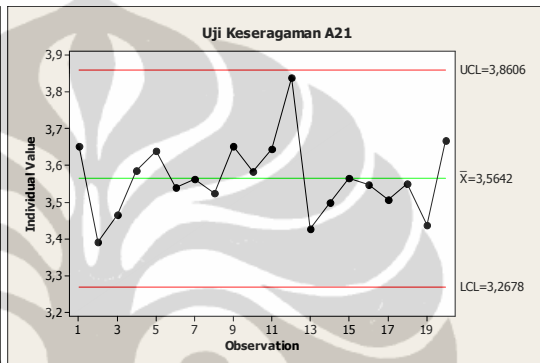
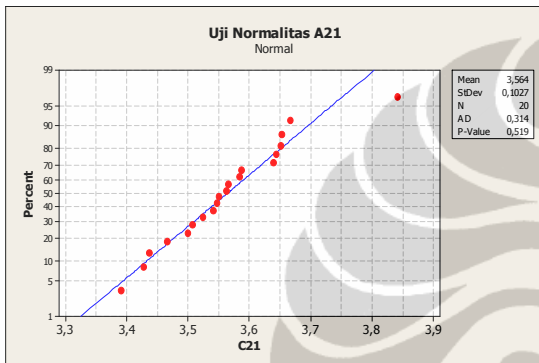
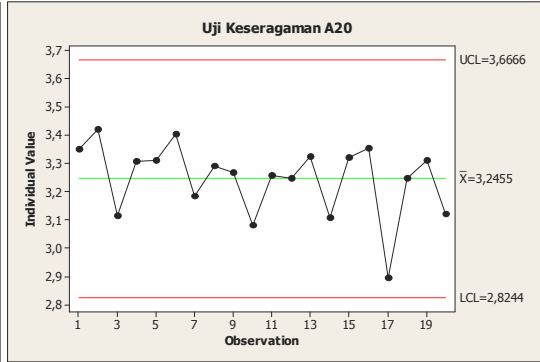
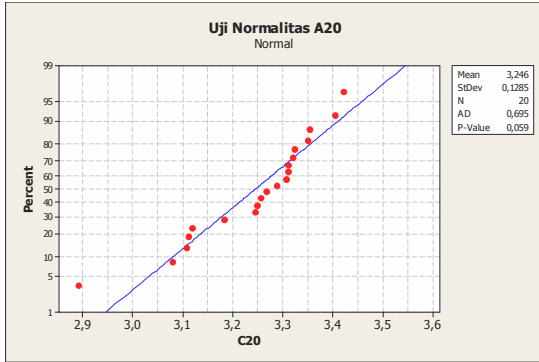


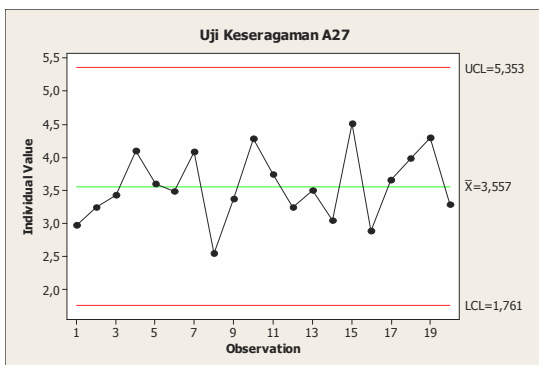
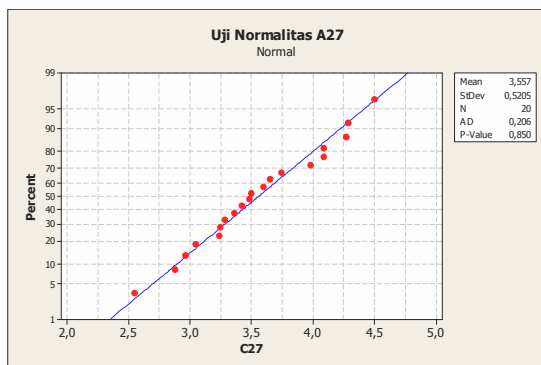
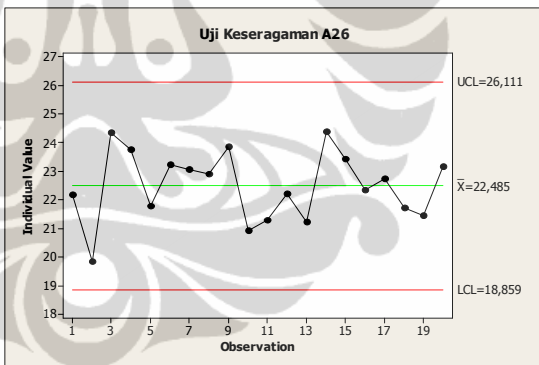
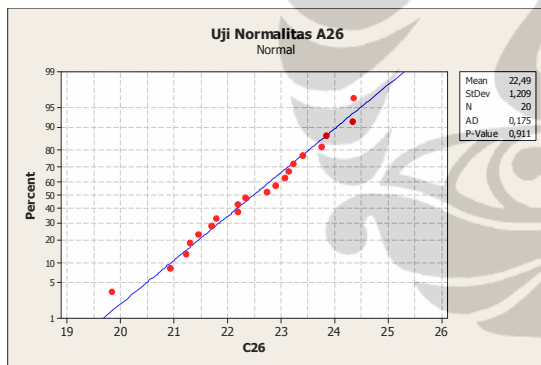
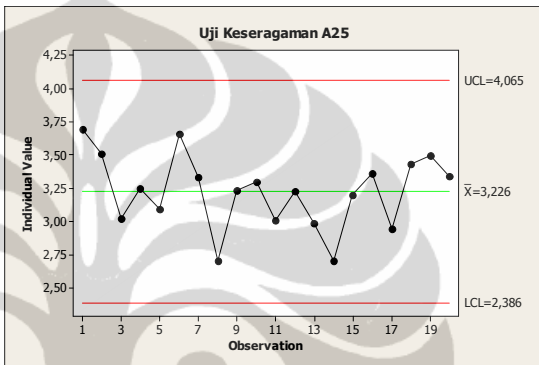
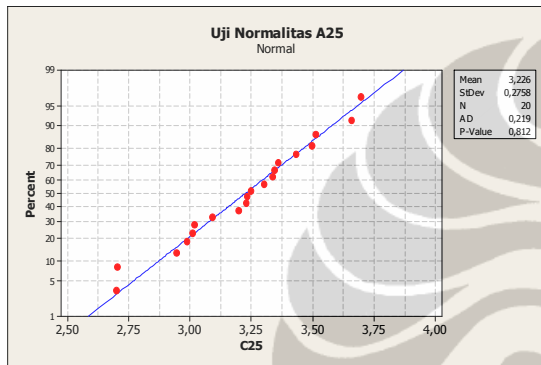
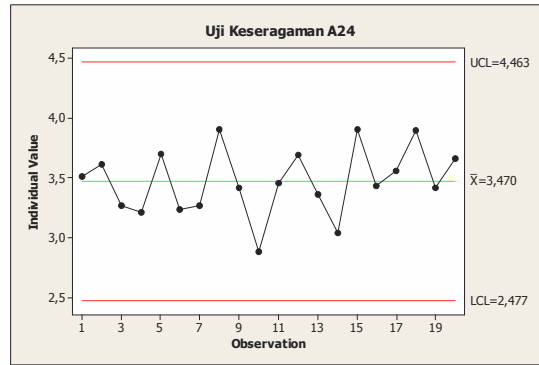
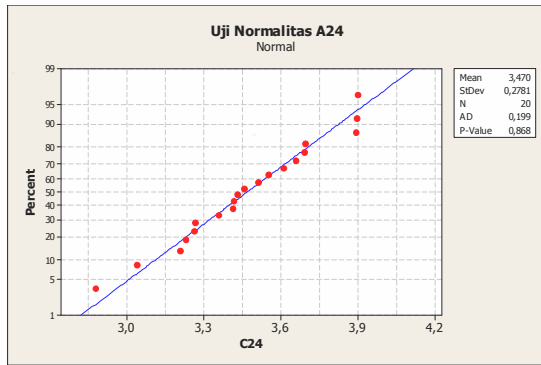


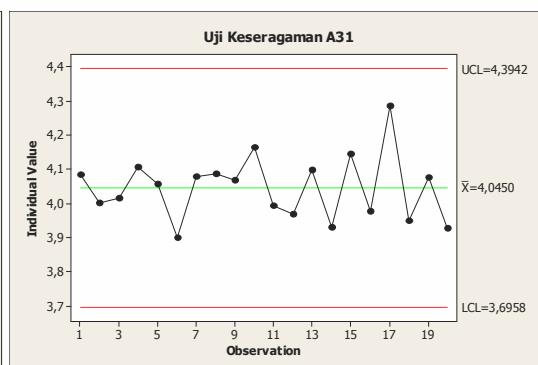
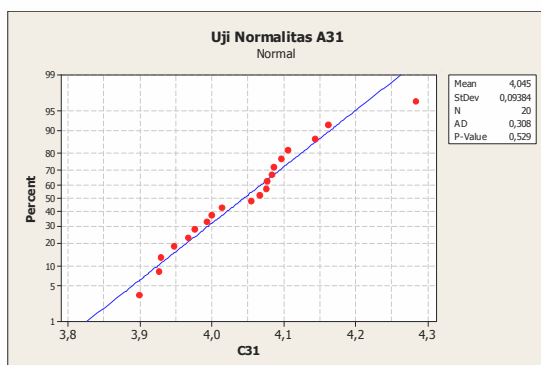
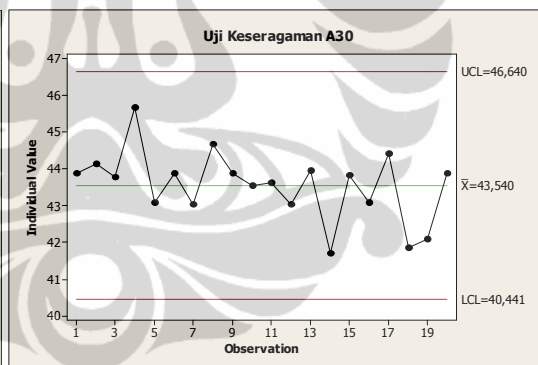
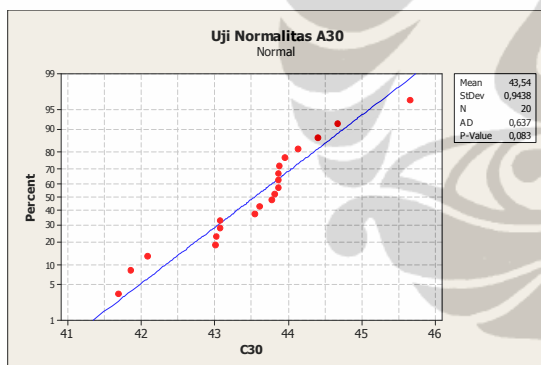
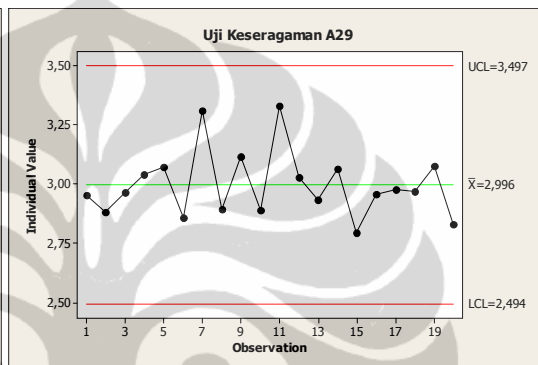
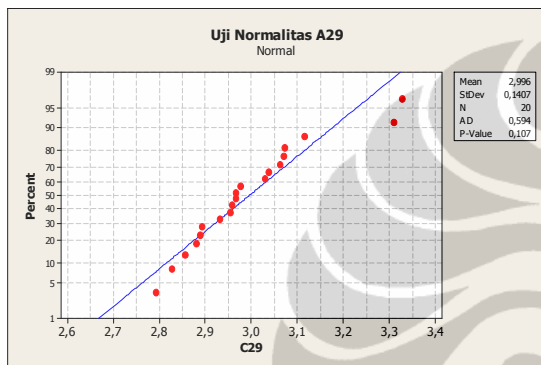
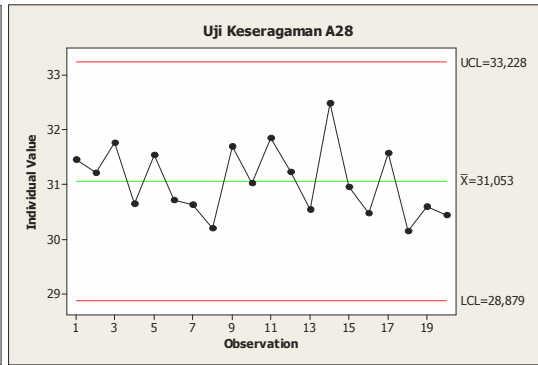
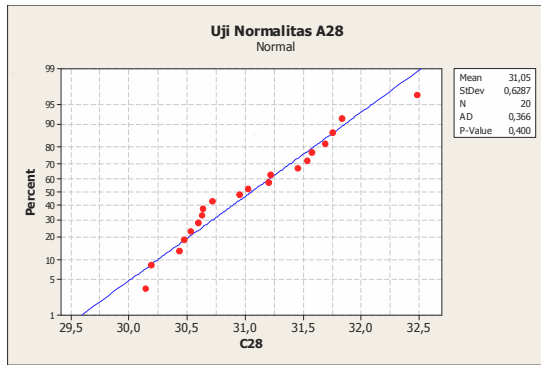




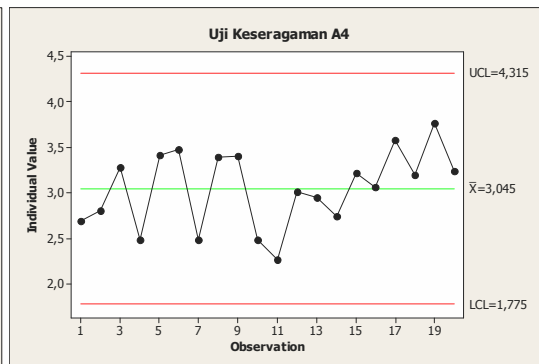
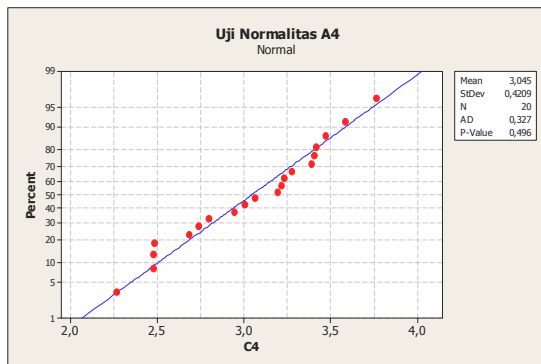
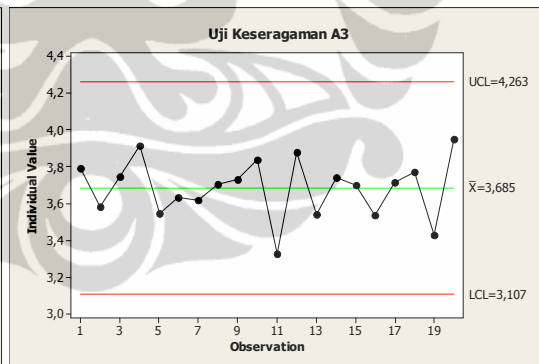
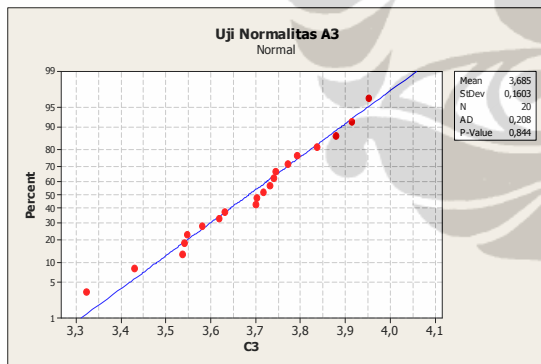
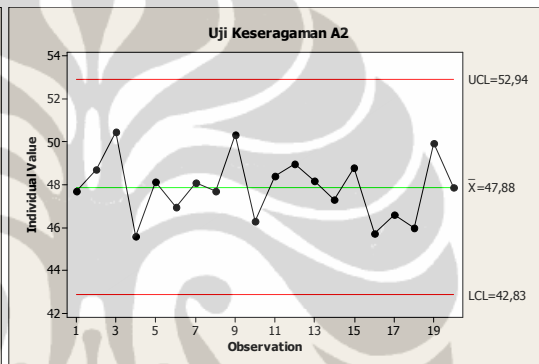
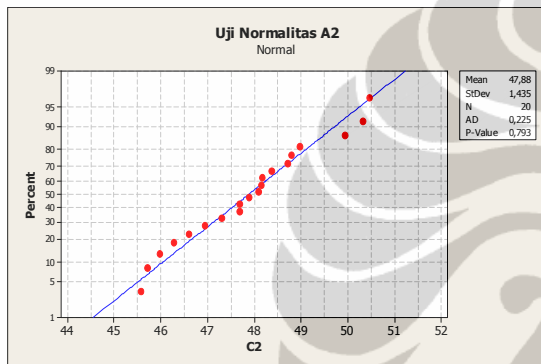
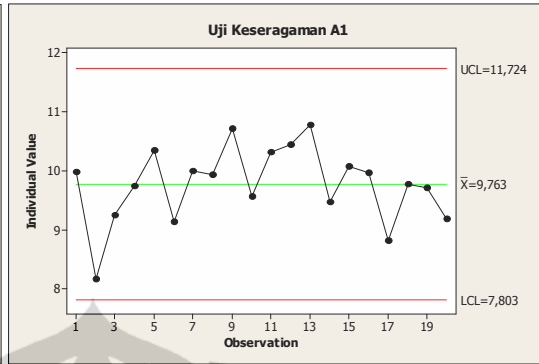
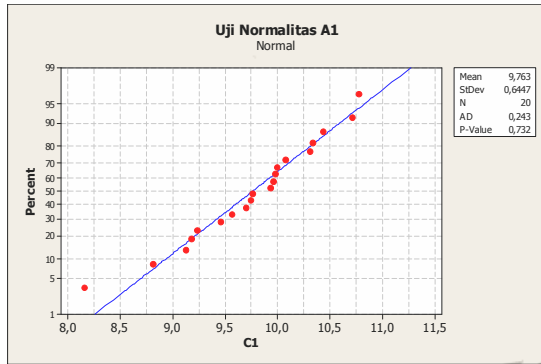


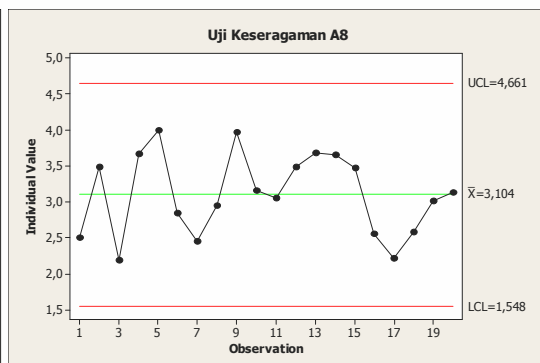
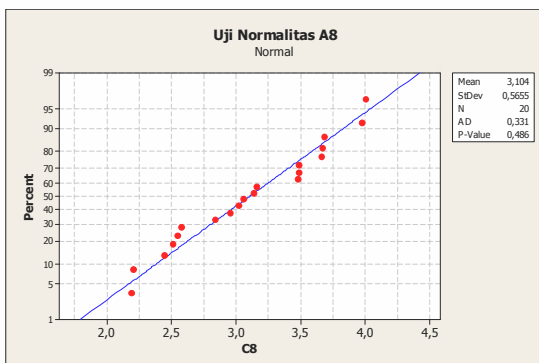
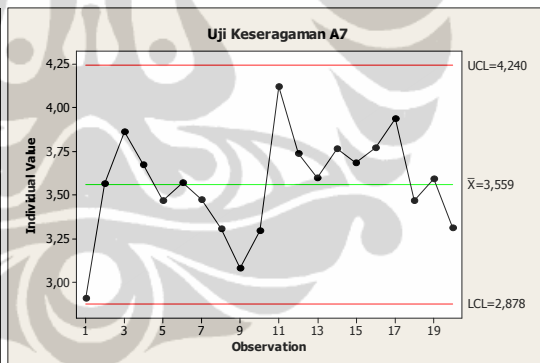
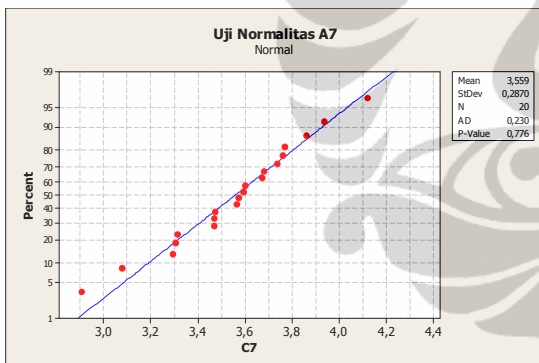
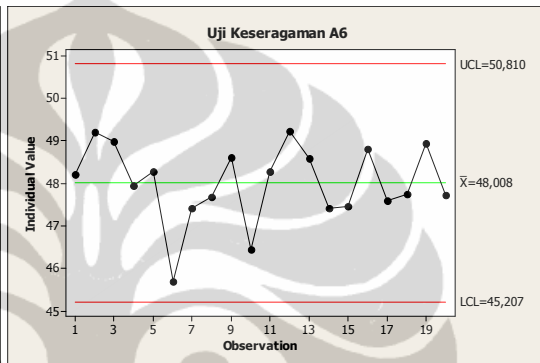
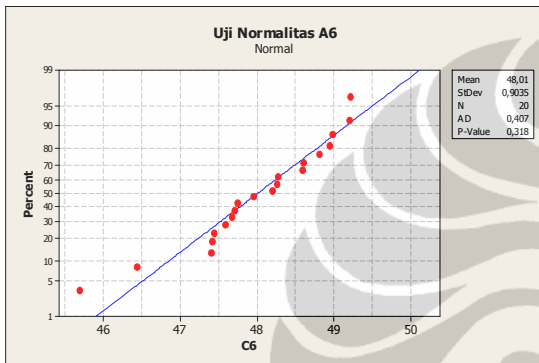
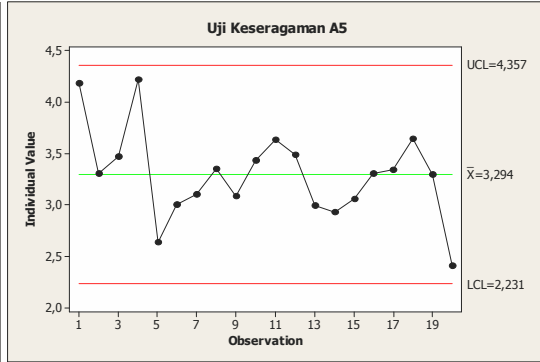
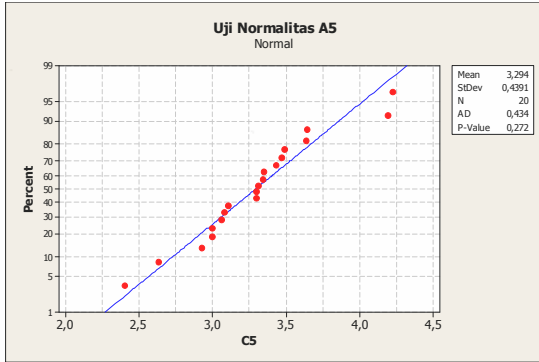


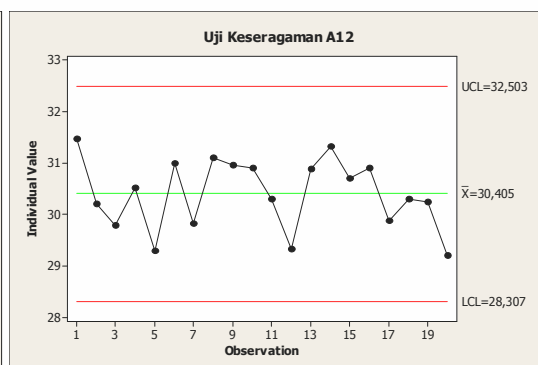
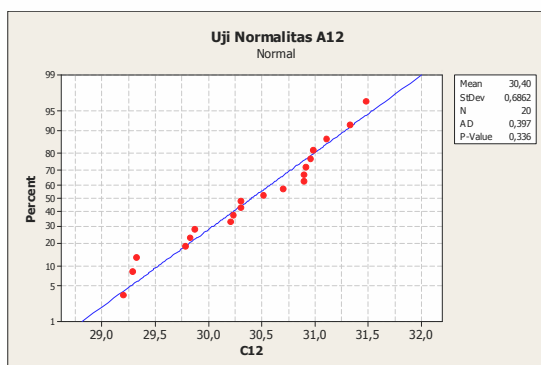
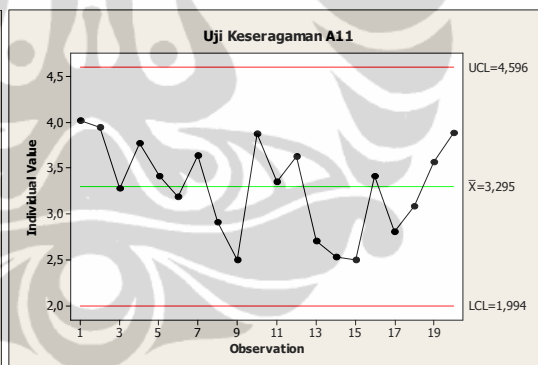
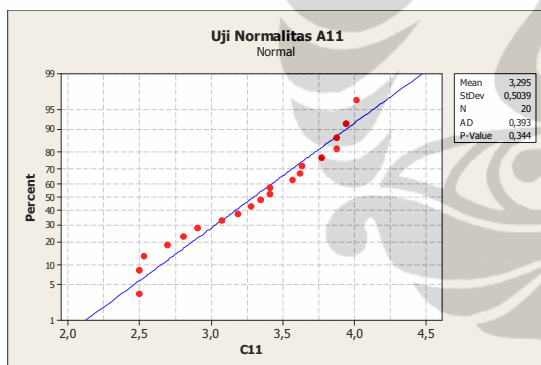
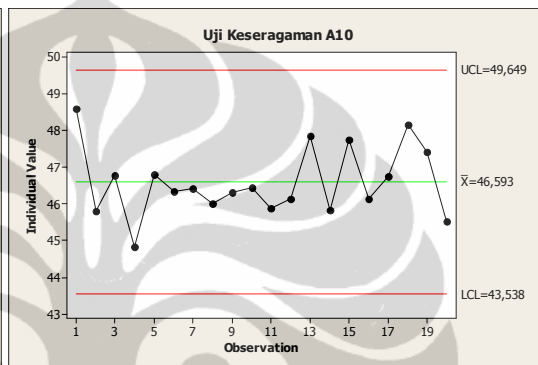
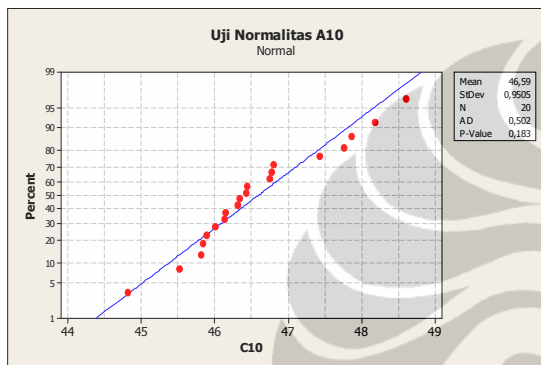
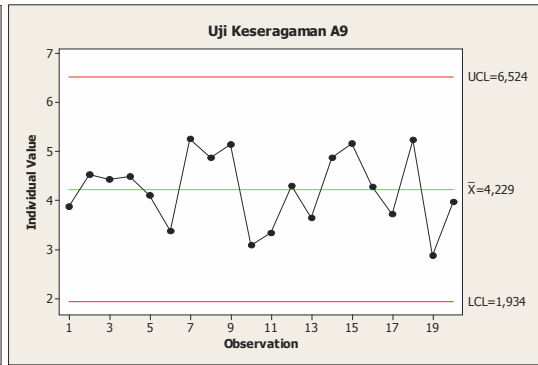
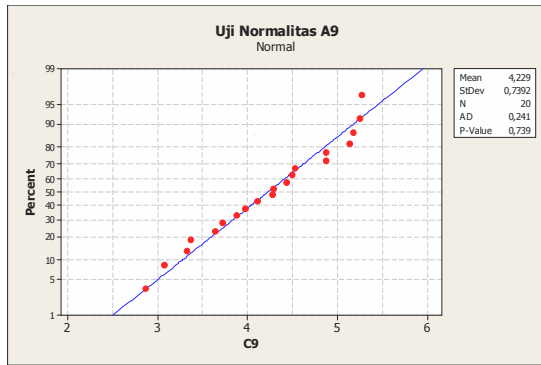


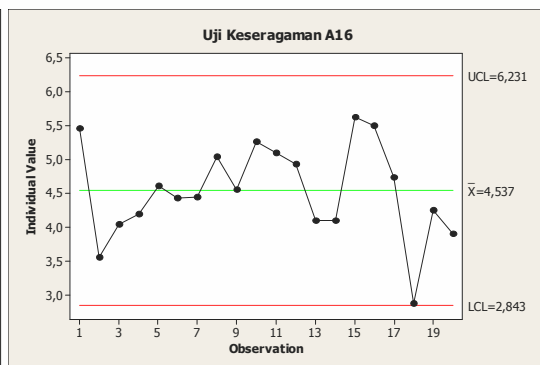
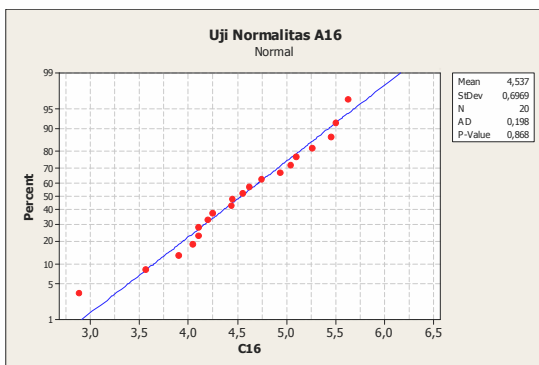
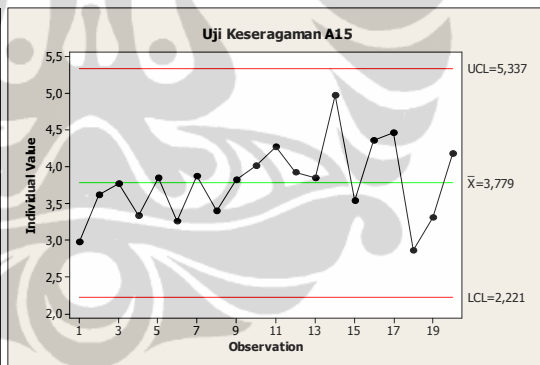
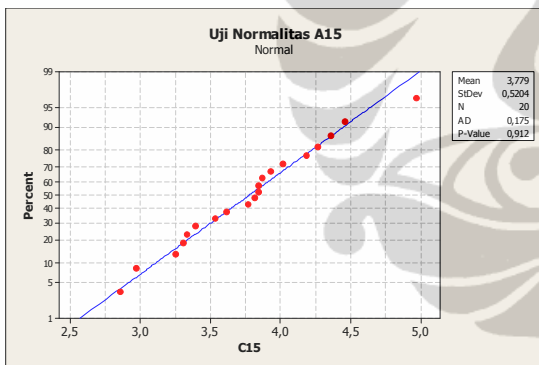
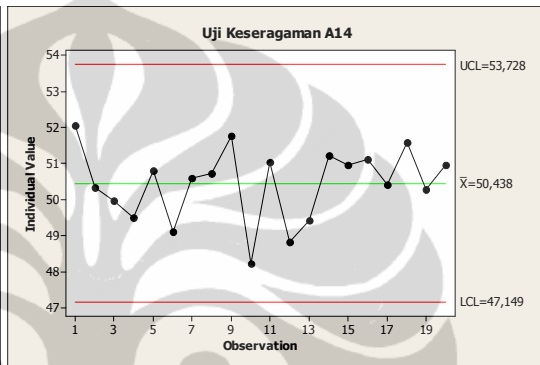
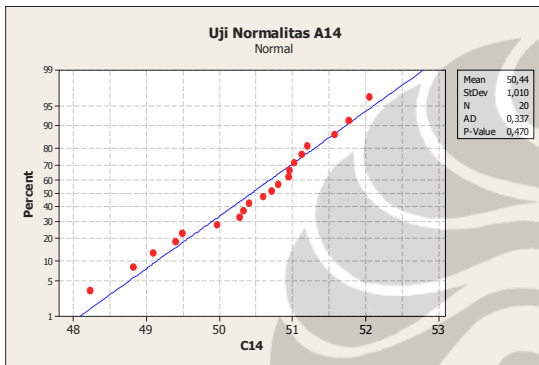
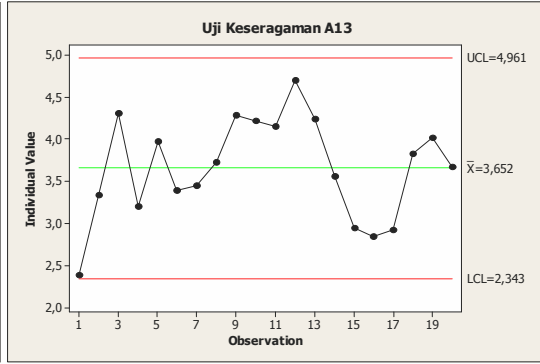
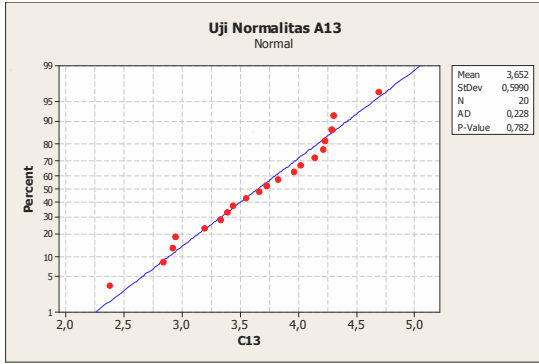


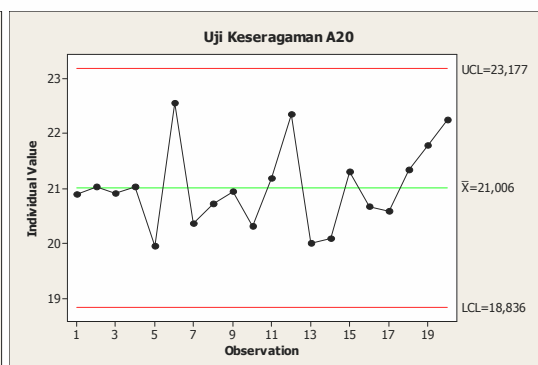
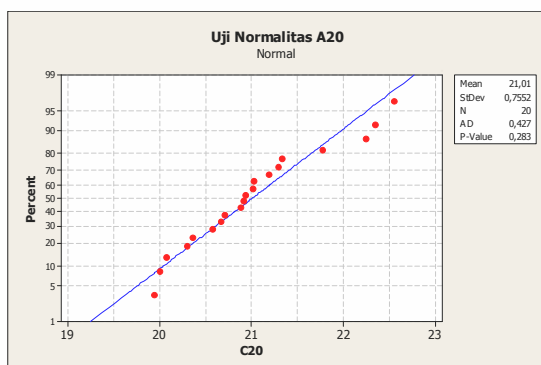
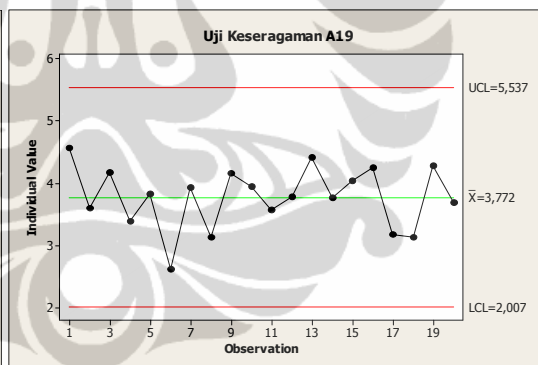
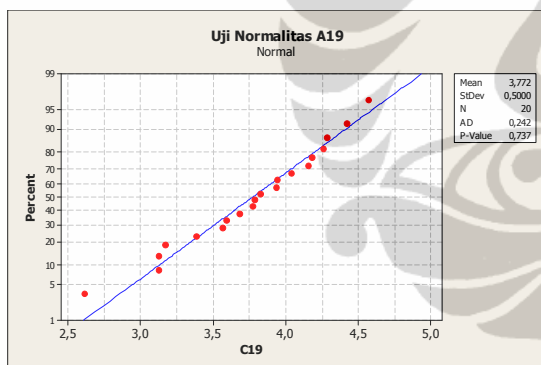
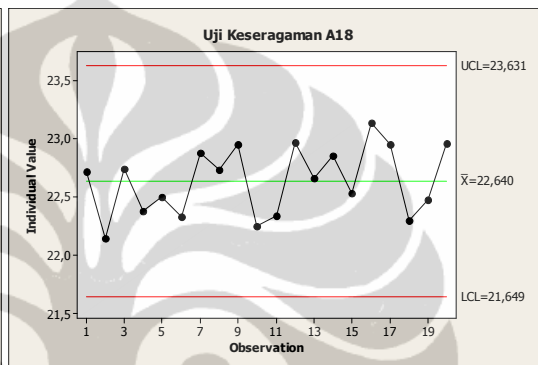
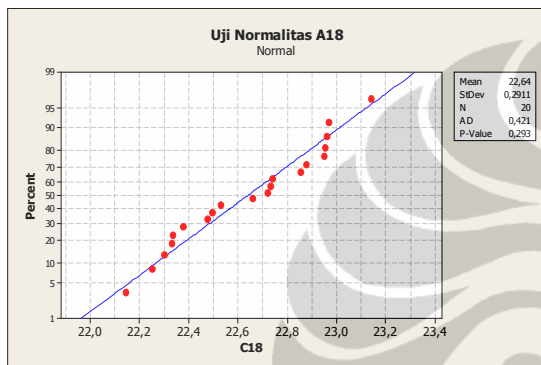
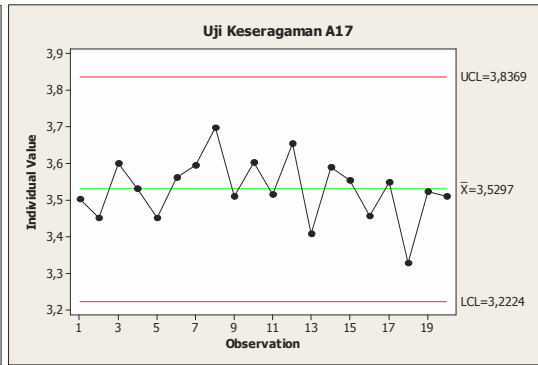
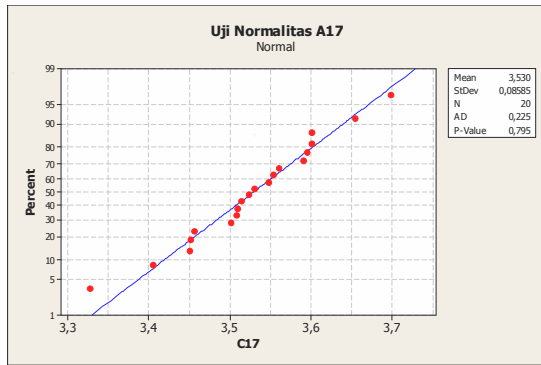
b. Uji Kenormalan dan Keseragaman Data untuk Rear Cast Wheel

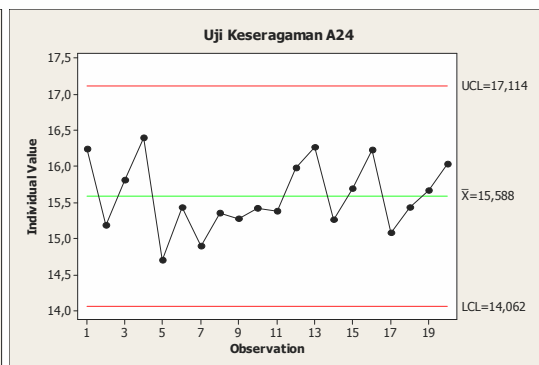
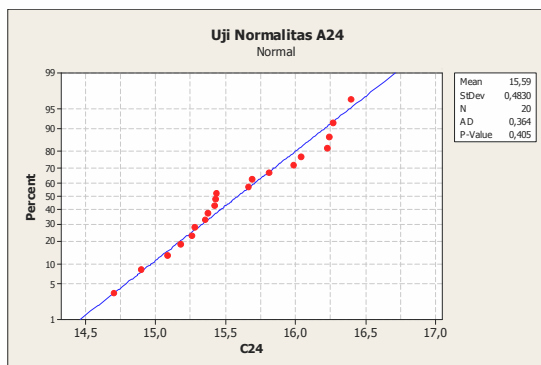
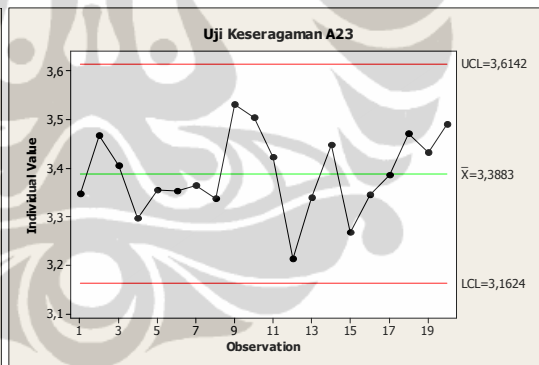
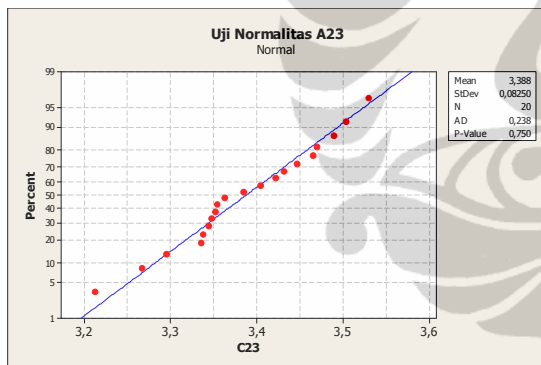
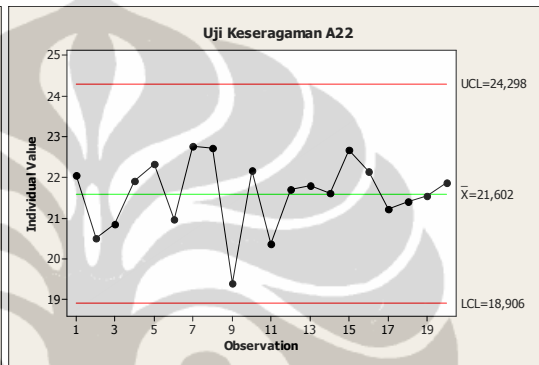
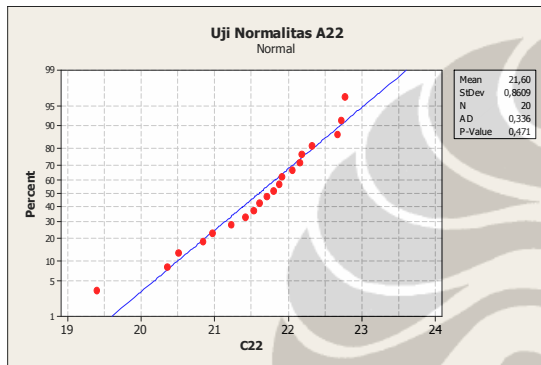
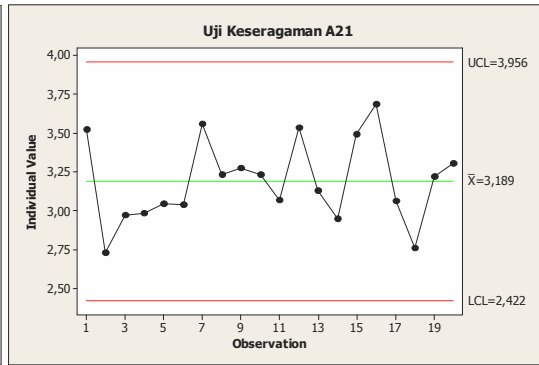
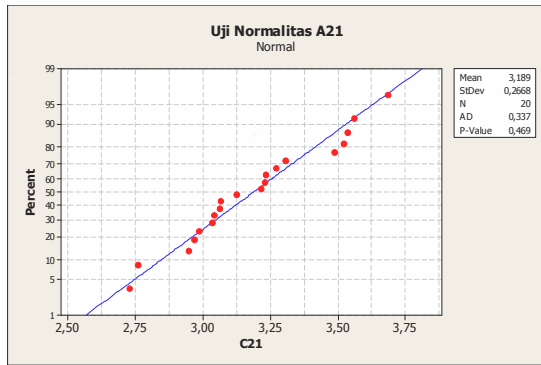


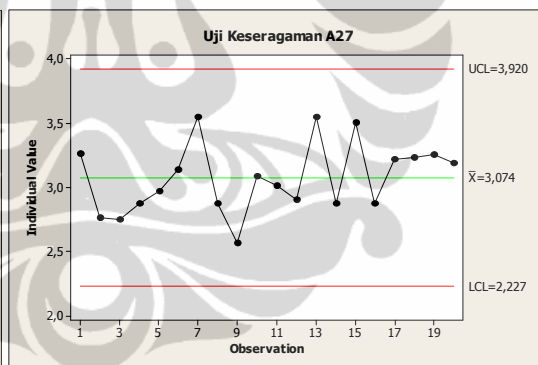
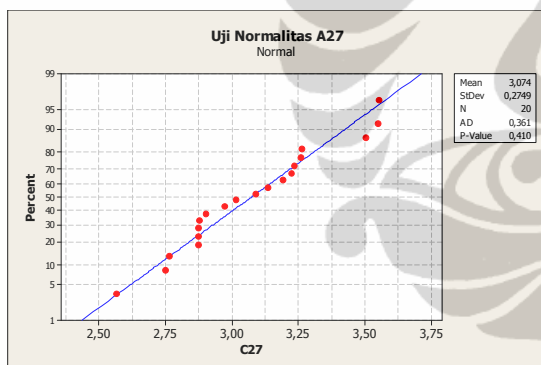
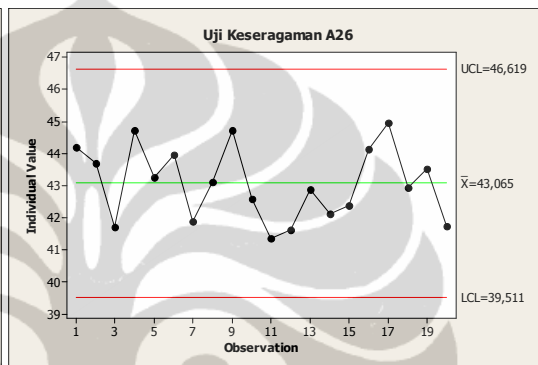
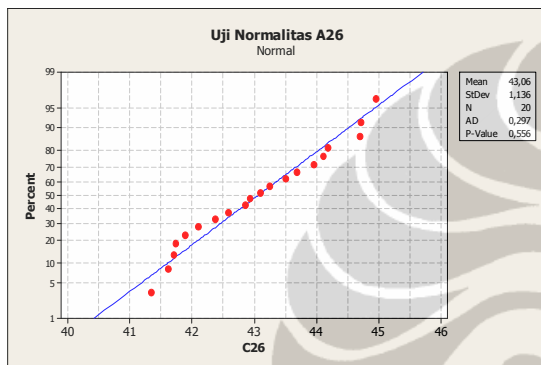
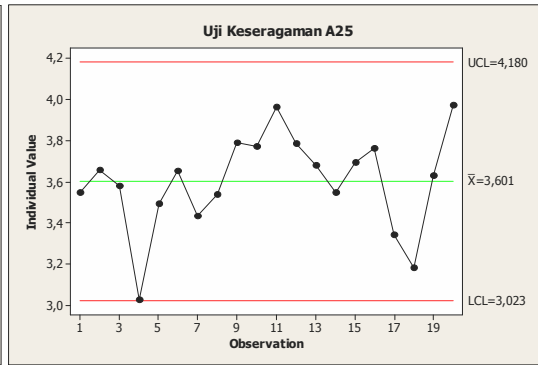
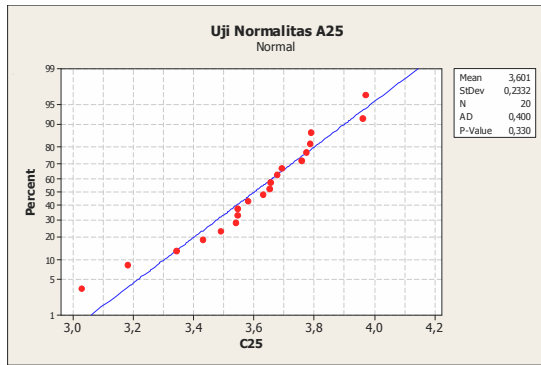












Lampiran 9

a. Hasil Uji Normalitas, Keseragaman, dan Kecukupan Data Machining Front Cast Wheel

Aktivitas Kerja	Uji Normalitas		Uji Keseragaman				Uji Kecukupan				
	P Value	Keterangan	UCL	\bar{x}	LCL	Keterangan	Σx	Σx^2	N	N'	Keterangan
A1	0.582	Normal	13.695	12.250	10.805	Seragam	245	3,006	20	1	Data Cukup
A2	0.875	Normal	49.201	47.434	45.668	Seragam	949	45,010	20	1	Data Cukup
A3	0.758	Normal	4.275	3.307	2.340	Seragam	66	221	20	4	Data Cukup
A4	0.860	Normal	3.734	3.083	2.432	Seragam	62	191	20	2	Data Cukup
A5	0.830	Normal	5.733	3.587	1.441	Seragam	72	263	20	10	Data Cukup
A6	0.455	Normal	49.417	46.428	43.708	Seragam	929	43,131	20	1	Data Cukup
A7	0.301	Normal	6.183	4.420	2.658	Seragam	88	397	20	7	Data Cukup
A8	0.491	Normal	6.236	5.366	4.495	Seragam	107	577	20	1	Data Cukup
A9	0.687	Normal	0.504	4.191	3.378	Seragam	84	353	20	2	Data Cukup
A10	0.578	Normal	49.833	46.215	42.597	Seragam	924	42,758	20	1	Data Cukup
A11	0.468	Normal	4.032	3.255	2.477	Seragam	65	213	20	3	Data Cukup
A12	0.059	Normal	13.066	11.721	10.376	Seragam	234	2,752	20	1	Data Cukup
A13	0.684	Normal	3.697	3.078	2.458	Seragam	62	190	20	3	Data Cukup
A14	0.181	Normal	54.525	51.048	47.572	Seragam	1,021	52,140	20	1	Data Cukup
A15	0.330	Normal	4.151	3.369	2.587	Seragam	67	229	20	3	Data Cukup
A16	0.423	Normal	21.593	19.080	16.567	Seragam	382	7,293	20	1	Data Cukup
A17	0.310	Normal	4.561	3.826	3.092	Seragam	77	293	20	1	Data Cukup
A18	0.409	Normal	51.362	48.275	45.187	Seragam	965	46,626	20	1	Data Cukup
A19	0.231	Normal	3.911	3.034	2.878	Seragam	61	184	20	1	Data Cukup
A20	0.059	Normal	3.666	3.245	2.824	Seragam	65	211	20	1	Data Cukup
A21	0.519	Normal	3.861	3.564	3.268	Seragam	71	254	20	1	Data Cukup
A22	0.341	Normal	40.698	38.392	36.087	Seragam	768	29,491	20	1	Data Cukup
A23	0.405	Normal	3.096	2.620	2.144	Seragam	52	138	20	2	Data Cukup
A24	0.868	Normal	4.463	3.470	2.477	Seragam	69	242	20	3	Data Cukup
A25	0.812	Normal	4.065	3.226	2.386	Seragam	65	210	20	3	Data Cukup
A26	0.911	Normal	26.111	22.485	18.859	Seragam	450	10,140	20	2	Data Cukup
A27	0.850	Normal	5.353	3.557	1.761	Seragam	71	258	20	9	Data Cukup
A28	0.400	Normal	33.228	31.053	28.879	Seragam	621	19,293	20	1	Data Cukup
A29	0.107	Normal	3.497	2.996	2.494	Seragam	60	180	20	1	Data Cukup
A30	0.083	Normal	46.640	43.540	40.441	Seragam	871	37,932	20	1	Data Cukup
A31	0.529	Normal	4.394	4.045	3.696	Seragam	81	327	20	1	Data Cukup

b. Hasil Uji Normalitas, Keseragaman, dan Kecukupan Data Machining Rear Cast Wheel

Aktivitas Kerja	Uji Normalitas		Uji Keseragaman				Uji Kecukupan				
	P Value	Keterangan	UCL	\bar{x}	LCL	Keterangan	Σx	Σx^2	N	N'	Keterangan
A1	0,732	Normal	11,724	9,763	7,803	Seragam	195	1.914	20	2	Data Cukup
A2	0,793	Normal	52,940	47,880	42,830	Seragam	958	45.896	20	1	Data Cukup
A3	0,844	Normal	4,263	3,685	3,107	Seragam	74	272	20	1	Data Cukup
A4	0,496	Normal	4,315	3,045	1,775	Seragam	61	189	20	8	Data Cukup
A5	0,272	Normal	4,357	3,294	2,231	Seragam	66	221	20	7	Data Cukup
A6	0,318	Normal	50,810	48,008	45,207	Seragam	960	46.111	20	1	Data Cukup
A7	0,776	Normal	4,240	3,559	2,878	Seragam	71	255	20	3	Data Cukup
A8	0,486	Normal	4,661	3,104	1,548	Seragam	62	199	20	13	Data Cukup
A9	0,739	Normal	6,524	4,229	1,934	Seragam	85	368	20	12	Data Cukup
A10	0,183	Normal	49,649	46,593	43,583	seragam	932	43.436	20	1	Data Cukup
A11	0,344	Normal	4,596	3,295	1,994	Seragam	66	222	20	9	Data Cukup
A12	0,336	Normal	32,503	30,405	28,307	Seragam	608	18.498	20	1	Data Cukup
A13	0,782	Normal	4,961	3,652	2,343	Seragam	73	274	20	11	Data Cukup
A14	0,470	Normal	53,728	50,438	47,149	Seragam	1.009	50.900	20	1	Data Cukup
A15	0,912	Normal	5,337	3,779	2,221	Seragam	76	291	20	8	Data Cukup
A16	0,868	Normal	6,231	4,537	2,843	Seragam	91	421	20	9	Data Cukup
A17	0,795	Normal	3,837	3,530	3,222	Seragam	71	249	20	1	Data Cukup
A18	0,293	Normal	23,631	22,640	21,649	Seragam	453	10.253	20	1	Data Cukup
A19	0,737	Normal	5,537	3,772	2,007	Seragam	75	289	20	7	Data Cukup
A20	0,283	Normal	23,177	21,006	18,836	Seragam	420	8.836	20	1	Data Cukup
A21	0,469	Normal	3,956	3,189	2,422	Seragam	64	205	20	3	Data Cukup
A22	0,471	Normal	24,298	21,602	18,906	Seragam	432	9.347	20	1	Data Cukup
A23	0,750	Normal	3,614	3,388	3,162	Seragam	68	230	20	1	Data Cukup
A24	0,405	Normal	17,114	15,588	14,026	Seragam	312	4.864	20	1	Data Cukup
A25	0,330	Normal	4,180	3,601	3,203	Seragam	72	260	20	2	Data Cukup
A26	0,556	Normal	46,619	43,065	39,511	Seragam	861	37.116	20	1	Data Cukup
A27	0,410	Normal	3,920	3,074	2,227	Seragam	61	190	20	4	Data Cukup

Lampiran 10

c. Pergerakan Stok Lini Produksi *Machining Front Cast Wheel*

Material Storage (F/G Casting Front Cast Wheel)										
Uraian	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Total	Jumlah Hari Kerja	Rata-rata per hari	Days Physical Stock
Stock Awal	420	2,275	2,672	2,768	3,315	3,273	14,723			1.246
Penerimaan (input material)	29,400	28,800	29,000	27,800	23,800	25,800	164,600	122	1,349	
Pengeluaran (input produksi)	27,545	28,403	28,904	27,253	23,842	25,428	161,375	149	1,083	
Stock Akhir	2,275	2,672	2,768	3,315	3,273	3,645	17,948			

WIP Machining Front Cast Wheel										
Uraian	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Total	Jumlah Hari Kerja	Rata-rata per hari	Days Physical Stock
Stock Awal	52	130	69	89	108	89	537			1.000
Penerimaan (input produksi)	27,545	28,403	28,904	27,253	23,842	25,428	161,375	149	1,083	
Pengeluaran (output produksi)	27,467	28,464	28,884	27,234	23,861	25,438	161,348	149	1,083	
Stock Akhir	130	69	89	108	89	79	564			

Finished Goods Storage (F/G Machining Front Cast Wheel)										
Uraian	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Total	Jumlah Hari Kerja	Rata-rata per hari	Days Physical Stock
Stock Awal	315	582	446	730	664	925	3,662			0.839
Penerimaan (output produksi)	27,467	28,464	28,884	27,234	23,861	25,438	161,348	149	1,083	
Pengeluaran (delivery F/G)	27,200	28,600	28,600	27,300	23,600	26,000	161,300	125	1,290	
Stock Akhir	582	446	730	664	925	363	3,710			

d. Pergerakan Stok Lini Produksi *Machining Rear Cast Wheel*

Material Storage (F/G Casting Rear Cast Wheel)										
Uraian	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Total	Jumlah Hari Kerja	Rata-rata per hari	Days Physical Stock
Stock Awal	412	2.507	2.432	2.926	3.413	3.556	15.246			1,247
Penerimaan (input material)	29.400	29.000	29.000	27.800	24.000	25.800	165.000	122	1.352	
Pengeluaran (input produksi)	27.305	29.075	28.506	27.313	23.857	25.489	161.545	149	1.084	
Stock Akhir	2.507	2.432	2.926	3.413	3.556	3.867	18.701			

WIP Machining Rear Cast Wheel										
Uraian	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Total	Jumlah Hari Kerja	Rata-rata per hari	Days Physical Stock
Stock Awal	52	101	79	92	81	123	528			1,000
Penerimaan (input produksi)	27.305	29.075	28.506	27.313	23.857	25.489	161.545	149	1.084	
Pengeluaran (output produksi)	27.256	29.097	28.493	27.324	23.815	25.541	161.526	149	1.084	
Stock Akhir	101	79	92	81	123	71	547			

Finished Goods Storage (F/G Machining Rear Cast Wheel)										
Uraian	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Total	Jumlah Hari Kerja	Rata-rata per hari	Days Physical Stock
Stock Awal	315	27.446	27.943	27.836	27.860	28.075	139.475			0,840
Penerimaan (output produksi)	27.256	29.097	28.493	27.324	23.815	25.541	161.526	149	1.084	
Pengeluaran (delivery F/G)	27.200	28.600	28.600	27.300	23.600	26.000	161.300	125	1.290	
Stock Akhir	27.446	27.943	27.836	27.860	28.075	27.616	166.776			

Lampiran 13.

Tabel. Dodge and Romig Sampling Lot Inspection Table Based on Stated Value of Lot Tolerance Percent Defective (LTPD) = 5% and Consumer's Risk = 0.10

LOT SIZE	Process Average (%)																	
	0 - 0.05			0.06 - 0.50			0.51 - 1.00			1.01 - 1.50			1.51 - 2.00			2.01 - 2.50		
	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)
1-30	All	0	0.00	All	0	0.00	All	0	0.00	All	0	0.00	All	0	0.00	All	0	0.00
31-50	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49
51-100	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63
101-200	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74
201-300	43	0	0.74	43	0	0.74	70	1	0.92	70	1	0.92	96	2	0.99	96	2	0.99
301-400	44	0	0.74	44	0	0.74	70	1	0.99	100	2	1.00	120	3	1.00	145	4	1.10
401-500	45	0	0.75	75	1	0.95	100	2	1.10	100	2	1.10	125	3	1.20	150	4	1.20
501-600	45	0	0.76	75	1	0.98	100	2	1.10	125	3	1.20	160	4	1.30	175	5	1.30
601-800	45	0	0.77	75	1	1.00	100	2	1.20	130	3	1.20	175	5	1.40	200	6	1.40
801-1000	45	0	0.78	75	1	1.00	105	2	1.20	155	4	1.40	180	5	1.40	225	7	1.50
1001-2000	45	0	0.80	75	1	1.00	130	3	1.40	180	5	1.60	230	7	1.70	260	9	1.80
2001-3000	75	1	1.10	105	2	1.30	135	3	1.40	210	6	1.70	280	9	1.90	370	13	2.10
3001-4000	75	1	1.10	105	2	1.30	160	4	1.50	210	6	1.70	305	10	2.00	420	15	2.20
4001-5000	75	1	1.10	105	2	1.30	160	4	1.50	235	7	1.80	330	11	2.00	440	16	2.20
5001-7000	75	1	1.10	105	2	1.30	185	5	1.70	260	8	1.90	360	12	2.20	450	18	2.40
7001-10000	75	1	1.10	105	2	1.30	185	5	1.70	260	8	1.90	380	13	2.20	535	20	2.50
10001-20000	75	1	1.10	135	3	1.40	210	6	1.80	285	9	2.00	425	15	2.30	610	23	2.60
20001-50000	75	1	1.10	135	3	1.40	235	7	1.90	305	10	2.10	470	17	2.40	700	27	2.70
50001-100000	75	1	1.10	160	4	1.60	235	7	1.90	355	12	2.20	515	19	2.50	770	30	2.80

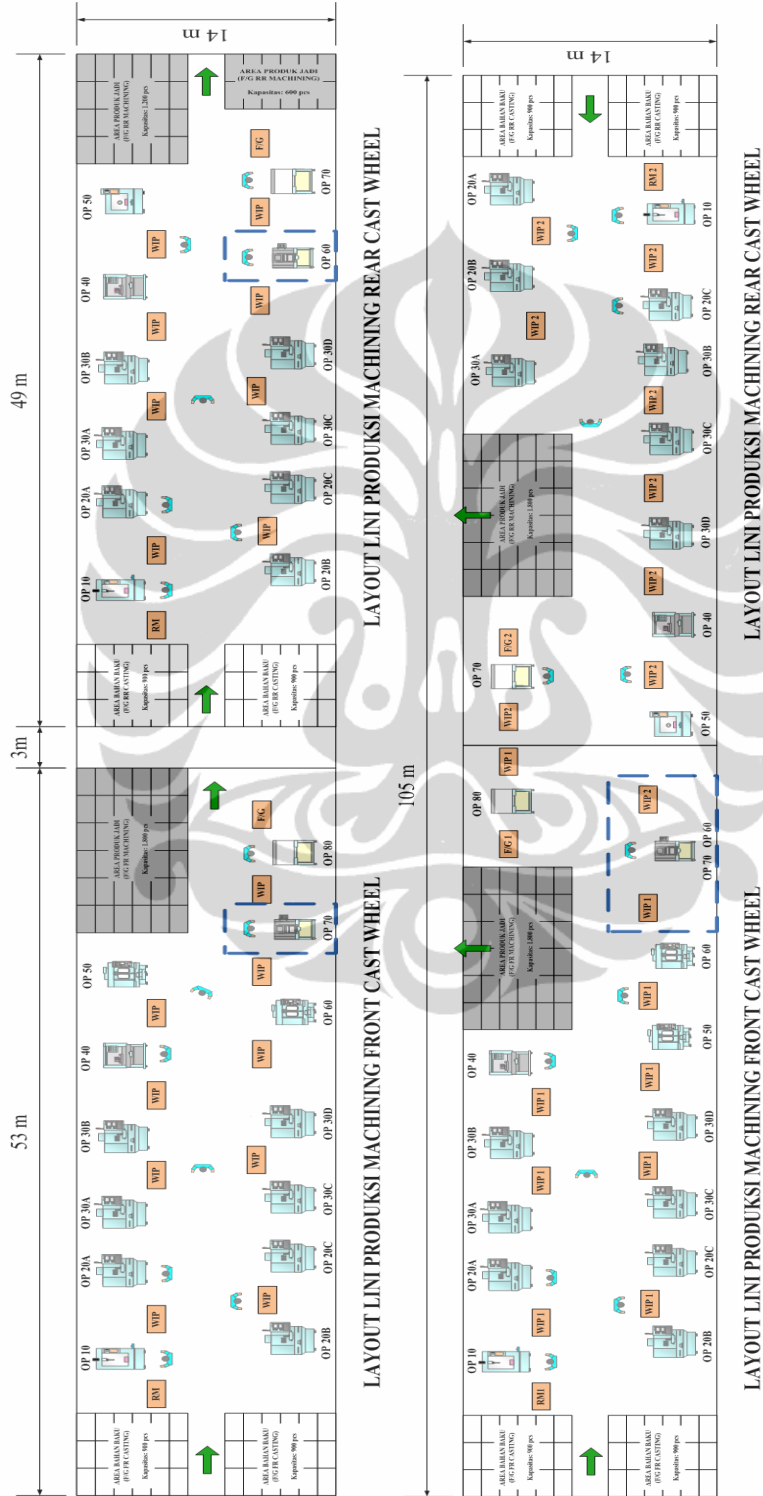
n : Size of Sample; entry of "All" indicates that each piece in lot is to be inspected.

c : Allowable Defect Number for Sample.

AOQL : Average Outgoing Quality Limit.

Lampiran 14.

Layout Lini Produksi Machining Cast Wheel Sebelum dan Sesudah Perbaikan



Lampiran 15.

a. Hasil *Running* Simulasi Model Kondisi Awal (Sebelum Perbaikan)

Replications: 20

Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

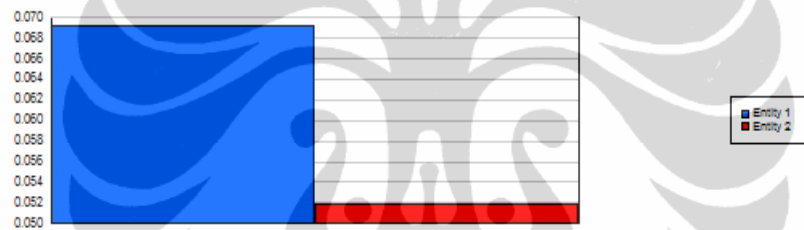
2,413

Entity

Time

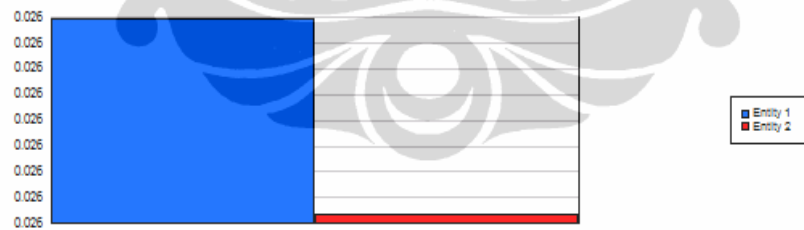
VA Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.06923425	0,00	0.06919071	0.06927391	0.06619291	0.07186432
Entity 2	0.05186607	0,00	0.05182408	0.05189782	0.04939057	0.05436616



NVA Time

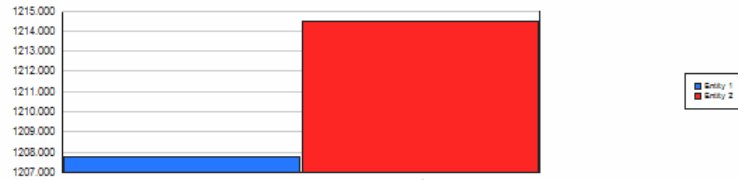
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.02627886	0,00	0.02626183	0.02630020	0.02447930	0.02806665
Entity 2	0.02597298	0,00	0.02595128	0.02599907	0.02399632	0.02770421



Entity

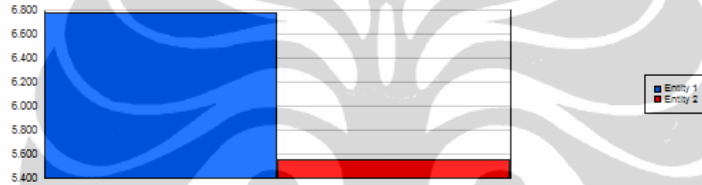
Other

Number In	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage
Entity 1	1208	6,72	1177.00	1232.00
Entity 2	1214	8,43	1179.00	1249.00



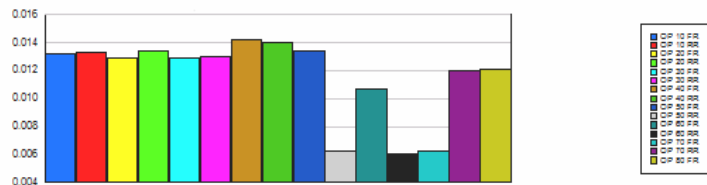
Number Out	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage
Entity 1	1203	6,73	1172.00	1227.00
Entity 2	1210	8,44	1175.00	1245.00

W IP	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	6.7719	0,04	6.6021	6.9106	0.00	17.0000
Entity 2	5.5922	0,04	5.3906	5.7099	0.00	14.0000



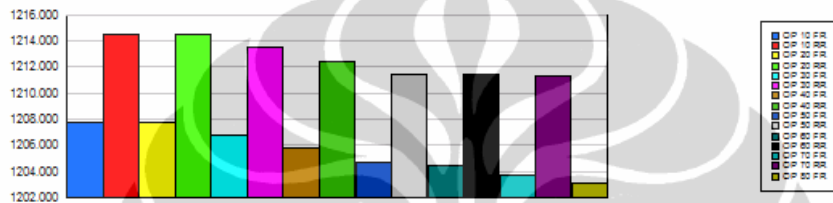
Time per Entity

Total Time Per Entity	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage	Minimum Value	Maximum Value
OP 10 FR	0.01317833	0,00	0.01316919	0.01318455	0.01237327	0.01396167
OP 10 RR	0.01330309	0,00	0.01327963	0.01333136	0.01144989	0.01490351
OP 20 FR	0.01289666	0,00	0.01288351	0.01291011	0.01176796	0.01405785
OP 20 RR	0.01333891	0,00	0.01332181	0.01335765	0.01236436	0.01441775
OP 30 FR	0.01284074	0,00	0.01281951	0.01286923	0.01124970	0.01452367
OP 30 RR	0.01293735	0,00	0.01292365	0.01295174	0.01185558	0.01401419
OP 40 FR	0.01418019	0,00	0.01416548	0.01419648	0.01291511	0.01547019
OP 40 RR	0.01401252	0,00	0.01399807	0.01403511	0.01278058	0.01536548
OP 50 FR	0.01341060	0,00	0.01338810	0.01342739	0.01242543	0.01437580
OP 50 RR	0.00628925	0,00	0.00628528	0.00629179	0.00598913	0.00661422
OP 60 FR	0.01066389	0,00	0.01065011	0.01067939	0.00978834	0.01156388
OP 60 RR	0.00999765	0,00	0.00998335	0.00999625	0.00904465	0.00986400
OP 70 FR	0.00624676	0,00	0.00623053	0.00625573	0.00481341	0.00767946
OP 70 RR	0.01196059	0,00	0.01194582	0.01198102	0.01060302	0.01308070
OP 80 FR	0.01209567	0,00	0.01208790	0.01210605	0.01104906	0.01332595



Other

Number In	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage
OP 10 FR	1208	6,72	1177.00	1232.00
OP 10 RR	1214	8,43	1179.00	1249.00
OP 20 FR	1208	6,72	1177.00	1232.00
OP 20 RR	1214	8,43	1179.00	1249.00
OP 30 FR	1207	6,72	1176.00	1231.00
OP 30 RR	1213	8,43	1178.00	1248.00
OP 40 FR	1206	6,72	1175.00	1230.00
OP 40 RR	1212	8,43	1177.00	1247.00
OP 50 FR	1205	6,73	1174.00	1229.00
OP 50 RR	1211	8,43	1176.00	1246.00
OP 60 FR	1204	6,73	1173.00	1229.00
OP 60 RR	1211	8,43	1176.00	1246.00
OP 70 FR	1204	6,73	1173.00	1228.00
OP 70 RR	1211	8,46	1175.00	1246.00
OP 80 FR	1203	6,71	1172.00	1227.00



b. Hasil *Running* Simulasi Model Kondisi Rekomendasi (Sesudah Perbaikan)

Replications: 20

Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System
Number Out

Average
2,723

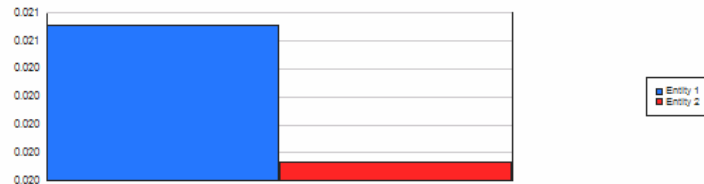
Entity

Time

VA Time	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.06922636	0,00	0.06920301	0.06926260	0.06661058	0.07211330
Entity 2	0.05211223	0,00	0.05208425	0.05215318	0.04958997	0.05471260



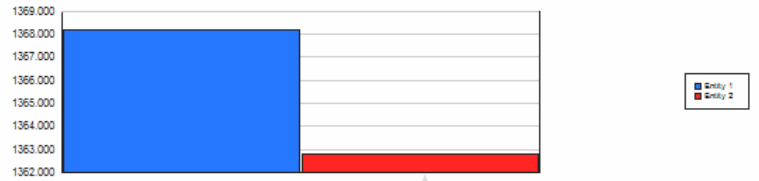
NVA Time	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.02054234	0,00	0.02030589	0.02087927	0.01104727	0.02784166
Entity 2	0.02034771	0,00	0.02006995	0.02057364	0.01060570	0.02756545



Entity

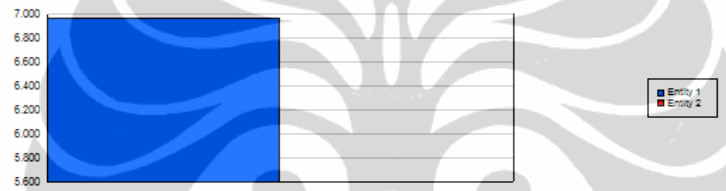
Other

Number In	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage
Entity 1	1368	8,09	1333,00	1396,00
Entity 2	1363	7,25	1331,00	1391,00



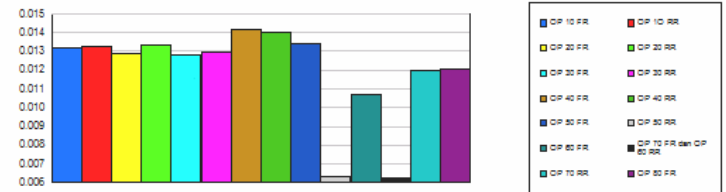
Number Out	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage
Entity 1	1364	8,06	1329,00	1391,00
Entity 2	1359	7,23	1328,00	1387,00

WIP	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	6,9667	0,04	6,7882	7,1180	0,00	20,0000
Entity 2	5,6034	0,03	5,4888	5,7245	0,00	17,0000



Time per Entity

Total Time Per Entity	Ave rage	Half W idth	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage	Minimum Value	Maximum Value
OP 10 FR	0.01317453	0,00	0.01316814	0.01318793	0.01238518	0.01404545
OP 10 RR	0.01329659	0,00	0.01327893	0.01331181	0.01155167	0.01490783
OP 20 FR	0.01238577	0,00	0.01238220	0.01290814	0.01166473	0.01426232
OP 20 RR	0.01333616	0,00	0.01332418	0.01335414	0.01237481	0.01435890
OP 30 FR	0.01283578	0,00	0.01281081	0.01287759	0.01106926	0.01461859
OP 30 RR	0.01294124	0,00	0.01292903	0.01295286	0.01185090	0.01401051
OP 40 FR	0.01417798	0,00	0.01415762	0.01420079	0.01295082	0.01539988
OP 40 RR	0.01401429	0,00	0.01399441	0.01402907	0.01293456	0.01520928
OP 50 FR	0.01340990	0,00	0.01339426	0.01342243	0.01237200	0.01453425
OP 50 RR	0.00628921	0,00	0.00628495	0.00629402	0.00696600	0.00661406
OP 60 FR	0.01065315	0,00	0.01065209	0.01067437	0.00972106	0.01159012
OP 70 FR dan OP 60 RR	0.00624815	0,00	0.00623698	0.00625749	0.00480186	0.00759990
OP 70 RR	0.01196279	0,00	0.01195071	0.01197959	0.01049649	0.01313007
OP 80 FR	0.01209277	0,00	0.01208174	0.01210880	0.01104727	0.01319544



Other

Number in	Ave rage	Half Width	Minimum Ave rage	Maximum Ave rage
OP 10 FR	1368	8,09	1333.00	1396.00
OP 10 RR	1363	7,25	1331.00	1391.00
OP 20 FR	1368	8,07	1333.00	1396.00
OP 20 RR	1363	7,28	1331.00	1391.00
OP 30 FR	1367	8,07	1332.00	1395.00
OP 30 RR	1362	7,28	1330.00	1390.00
OP 40 FR	814	9,13	789.00	853.00
OP 40 RR	814	7,16	787.00	840.00
OP 50 FR	1365	8,09	1330.00	1393.00
OP 50 RR	1360	7,34	1328.00	1388.00
OP 60 FR	1365	8,01	1330.00	1393.00
OP 70 FR dan OP 60 RR	2725	9,92	2677.00	2753.00
OP 70 RR	1360	7,28	1328.00	1388.00
OP 80 FR	1364	8,15	1329.00	1392.00

