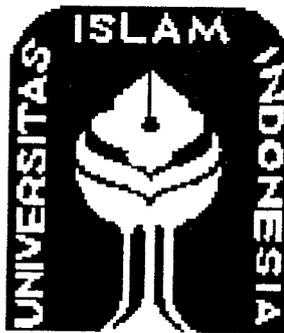


**USULAN DESAIN PERBAIKAN KUALITAS MELALUI
ANALISIS *LEAN SIGMA* DAN PENDEKATAN SIMULASI
(Studi kasus pada PT. INDONESIA TORAY SYNTHETICS)**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Teknik Industri**



Oleh

**Nama : Gilang Timur Triadmojo
No. Mahasiswa : 04 522 036**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2009**

PENGAKUAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijasah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, November 2009



METE TEMPER
6000
Tgl: 2
CENAM RIBU

Gilang Timur Triadmojo

04522036

**USULAN DESAIN PERBAIKAN KUALITAS MELALUI
ANALISIS *LEAN SIGMA* DAN PENDEKATAN SIMULASI
(Studi kasus pada PT. INDONESIA TORAY SYNTHETICS)**

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Gilang Timur Triadmojo

No. Mhs : 04 522 036

Yogyakarta, 13 November 2009

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



(Yuli Agusti Rochman, ST., M.Eng.) ✕✕✕✕

**USULAN DESAIN PERBAIKAN KUALITAS MELALUI
ANALISIS *LEAN SIGMA* DAN PENDEKATAN SIMULASI
(Studi kasus pada PT. INDONESIA TORAY SYNTHETICS)**

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Gilang Timur Triadmojo

No. Mhs : 04 522 036

**Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai
Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Teknik Industri**

Yogyakarta, 25 November 2009

Tim Penguji

Yuli Agusti Rochman, ST., M.Eng.

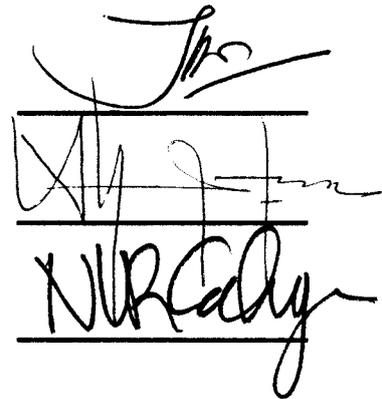
Ketua

Drs. M. Ibnu Mastur, MSIE.

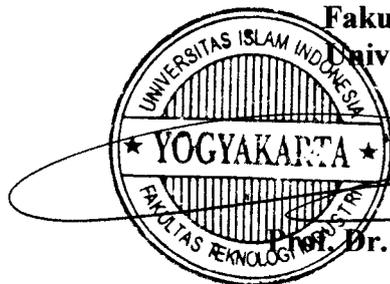
Anggota I

Winda Nur Cahyo, ST., MT.

Anggota II



**Mengetahui,
Ka. Prodi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



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



'TORAY'
PT. INDONESIA TORAY SYNTHETICS
(ITS)

SUMMITMAS II Bld 3rd Fl. Jl. Jend. Sudirman 61-62 Jakarta 12190, PO Box 6953/Jksst

Head Office :
Telephone : (021) 252 6841
Facsimile : (021) 520 2041

Factory :
Address : Jl. Moh. Toha, Km 1
Tangerang 15112
Telephone : (021) 552 4467 - 8
Facsimile : (021) 552 4909

SURAT KETERANGAN

Nomor : 0286 /PS/ITS /VII/ 2009

Yang bertanda tangan di bawah ini Manager Departemen Administrasi PT Indonesia Toray Synthetics menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :

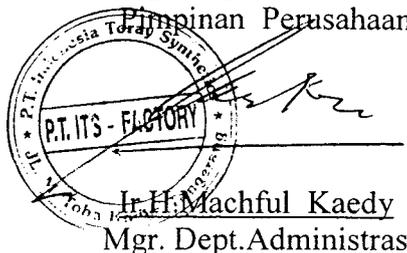
Nama : Gilang Timur .T
N I M : 04522036
Jurusan : Teknik Industri
Universitas : UII Yogyakarta

Telah melakukan *penelitian / tugas akhir* dari tanggal 06 Juli 2009 sampai dengan 10 Juli 2009 di PT Indonesia Toray Synthetics Tangerang .

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya .

Tangerang , 13 Juli 2009

Pimpinan Perusahaan


Ir. H. Machful Kaedy
Mgr. Dept. Administrasi

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karyaku ini untuk

Ayah dan Ibu yang telah mendidik, membimbing,
dan mendoakan aku selalu

Kakak, Adik, dan Keluarga besar yang telah mendukung ku

MOTTO

“Barangsiapa bertaqwa kepada Allah, maka akan diberikan kepadanya
jalan keluar”

(Terjemah Qur'an Surat Ath-Thalaq : 2)

“Allah meninggikan orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu
pengetahuan, beberapa derajat”

(Terjemah Qur'an Surat Al-Mujaadilah : 11)

“ Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan. Karena itu bila selesai suatu tugas,
mulailah tugas yang lain dengan sungguh – sungguh. Hanya kepada Tuhanmu hendaknya
kau berharap ”

(Terjemah Qur'an Surat Asy-Syarah : 6 – 8)

“Barangsiapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah mudahkan baginya jalan
menuju Surga.”

(Terjemah Hadist Riwayat Muslim)

”Seseorang dengan tujuan yang jelas akan membuat kemajuan walaupun melewati jalan
yang sulit. Seseorang yang tanpa tujuan, tidak akan membuat kemajuan walaupun ia
berada di jalan yang mulus.”

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Shalawat dan salam tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga beserta para sahabat dan pengikutnya.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia atas kesempatan yang telah diberikan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia atas kesempatan yang telah diberikan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Yuli Agusti Rochman, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dani Usman selaku Kepala Sub Divisi *Spinning* OSP yang telah memberikan pengarahan, dan segenap karyawan PT. Indonesia Toray Synthetics yang telah membantu dalam kelancaran Tugas Akhir ini
5. Bapak-Ibu, Kakak, Adik, Keponakan dan Seluruh Keluargaku tersayang yang telah memberikan semangat, dukungan, dan doanya.
6. Semua pihak yang telah memberikan masukan, dorongan dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala sesuatu yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik dan akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pembaca umumnya, dan bagi penulis khususnya. Amin.

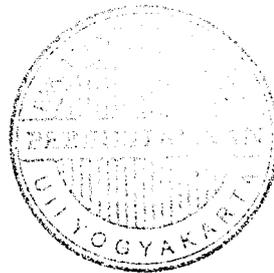
Yogyakarta, November 2009

Penulis

ABSTRAKSI

PT. Indonesia Toray Synthetics merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi bahan baku tekstil yaitu produk benang sintetis. Produk yang dihasilkan berupa benang nylon, benang polyester, dan serat fiber. Pada divisi OSP Spinning, perusahaan menghadapi persoalan yaitu jumlah produk cacat yang cukup tinggi dengan jumlah produk cacat 997 unit dari total produk baik sebesar 8033 unit atau tingkat kecacatan sebesar 11.04%. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi waste melalui peningkatan secara berkelanjutan dan memberikan masukan kepada perusahaan berupa usulan perbaikan yang diharapkan dapat mengeliminasi pemborosan pada proses spinneret dan drawing twisting. Dalam penelitian ini dilakukan perbaikan kualitas proses dengan menggabungkan analisis Lean Sigma dan Simulasi. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa produk yang memiliki cacat paling banyak adalah produk benang nylon D 50-48-2294 dengan jenis cacat yang sering terjadi yaitu benang keriting, benang tidak rata, berat benang tidak standar, benang putus, serta benang kotor yang berada pada proses spinneret dan proses drawing twisting serta bagian sorting. Dan didapatkan nilai DPMO pada proses spinneret dan proses drawing twisting masih sangat tinggi, untuk proses spinneret adalah 35833.33 atau berada pada tingkat sigma 3.30 sedangkan proses drawing twisting adalah 45625 atau berada pada tingkat sigma 3.18, yang artinya hasil tingkat sigma pada kedua proses tersebut belum mencapai 3.4 DPMO atau level six sigma. Oleh karena itu dilakukan analisis terhadap kedua proses tersebut dan didapatkan beberapa usulan perbaikan yaitu penambahan operator, penyempurnaan SOP, dan relay layout mesin pada bagian sorting guna melancarkan aliran proses. Setelah di input dalam model simulasi, total produk baik meningkat dari 8033 unit menjadi 8119 unit, jumlah produk cacat menurun dari 997 unit menjadi 911 unit, beban kerja operator menurun dari 85.99% menjadi 55.46%, dan biaya total produksi menurun dari \$ 8.121/unit menjadi \$ 6.22/unit . Dengan kata lain jumlah produk cacat menurun sebanyak 86 unit dan biaya total biaya produksi menurun sebesar \$ 1.901/unit.

Kata kunci: kualitas proses, six sigma, lean sigma, simulasi.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iv
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR PERUSAHAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAKSI	x
TAKARIR	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6

BAB II KAJIAN LITERATURP

2.1	Pengertian Kualitas	10
2.1.1	Pengertian Tentang Pengendalian	12
2.1.2	Pengendalian Kualitas	13
2.1.3	Tes Kecukupan dan Keseragaman Data	13
2.1.3.1	Tes Kecukupan Data	13
2.1.3.2	Tes Keseragaman Data	14
2.2	Pengertian <i>Six Sigma</i>	15
2.2.1	Metodologi <i>Six Sigma</i>	18
2.2.2	Tools Dalam <i>Six Sigma</i>	21
2.2.2.1	Data Atribut	27
2.2.2.2	Data Variabel	27
2.2.3	Analisis DPMO dan Tingkat <i>Sigma</i>	31
2.2.3.1	Analisis DPMO dan Tingkat <i>Sigma</i> Untuk Data Atribut	31
2.2.3.2	Analisis DPMO dan Tingkat <i>Sigma</i> Untuk Data Variabel	32
2.2.4	Kapabilitas Proses	32
2.3	Pengertian <i>Lean</i>	34
2.3.1	Pengertian Pemborosan (<i>Waste</i>)	35
2.3.2	Identifikasi Pemborosan	36
2.4	Pengertian <i>Lean Sigma</i>	38
2.4.1	Tindakan Untuk Melaksanakan Peningkatan Kualitas <i>Lean Sigma</i>	40

2.5	Pemodelan Sistem	41
2.5.1	Definisi Sistem	41
2.5.2	Definisi Model	42
2.5.3	Karakteristik Model	42
2.5.4	Prinsip-Prinsip Pemodelan Sistem	42
2.6	Pengertian Simulasi Sistem	43
2.6.1	Bagian-Bagian Model Simulasi	44
2.6.2	Langkah-Langkah Simulasi	46
2.6.3	Keuntungan Simulasi	47
2.6.4	Kerugian Simulasi	49
2.6.5	Distribusi Data	49
2.6.6	Validasi Model	59
2.6.6.1	Teknik Validasi	60
2.6.7	Analisa Output Hasil Simulasi	61
2.6.7.1	<i>Terminating Simulation</i>	62
2.6.7.2	<i>Non Terminating Simulation</i>	62
2.7	Simulasi <i>Software</i> ProModel	63

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Pendahuluan	65
3.2	Kajian Pustaka	65
3.3	Lingkup Penelitian	67
3.4	Penentuan Objek Penelitian	67
3.5	Pengumpulan Data	67
3.6	Pengolahan Data	69

3.7	Pembahasan	72
3.8	Kesimpulan dan Saran	72

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1	Pengumpulan Data	73
4.1.1	Sejarah Singkat Perusahaan	73
4.1.2	Misi dan Tujuan Perusahaan	74
4.1.3	Unit-Unit Produksi	75
4.1.4	Struktur Organisasi PT. ITS	76
4.1.5	Tenaga Kerja	77
4.1.6	Data Produk Yang Dihasilkan	77
4.1.7	Data Bahan Baku	78
4.1.8	Mesin-Mesin Produksi	79
4.1.9	Proses Produksi	80
4.1.10	Data Waktu Proses	82
4.1.11	Pengendalian Kualitas	84
4.1.11.1	Kualitas yang Diinginkan Konsumen	85
4.1.11.2	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	85
4.1.11.3	Pengendalian Kualitas Pada Waktu Proses Produksi	85
4.1.11.4	Pengendalian Kualitas Produk Akhir	86
4.1.12	Kondisi Lingkungan Stasiun Kerja	86
4.1.13	Metode Kerja	87
4.1.14	Data Biaya Pengeluaran Perusahaan dan Harga Jual Produk	87

4.2	Pengolahan Data	87
4.2.1	Analisis <i>Lean Sigma</i>	87
4.2.1.1	Tahap <i>Define</i>	87
4.2.1.2	Tahap <i>Measure</i>	90
4.2.1.2.1	Menentukan <i>Critical To Quality</i>	90
4.2.1.2.2	Data Atribut	95
4.2.1.2.3	Data Variabel	99
4.2.1.2.4	Menentukan Baseline Kerja (DPMO dan Tingkat <i>Sigma</i>) Data Atribut	105
4.2.1.2.4.1	Proses <i>Spinneret</i> Periode Juni 2009	105
4.2.1.2.4.2	Proses <i>Drawing Twisting</i> Periode Juni 2009	106
4.2.1.2.5	Menentukan <i>Baseline</i> Kerja (DPMO dan Tingkat <i>Sigma</i>) Data Variabel	106
4.2.1.2.5.1	Berat Benang	106
4.2.1.2.5.2	Kerataan Benang	107
4.2.1.3	Tahap <i>Analyze</i>	108
4.2.1.3.1	Menentukan Stabilitas Proses	109
4.2.1.3.1.1	Berat Benang D 50-48-2294	109
4.2.1.3.1.2	Kerataan Benang D 50-48-2294 ...	110
4.2.1.3.2	Menentukan Kapabilitas Proses	111
4.2.1.3.2.1	Berat Benang D 50-48-2294	111
4.2.1.3.2.2	Kerataan Benang D 50-48-2294 ...	112
4.2.1.3.3	Perhitungan Biaya Total Produksi	113

4.2.1.3.3.1	Biaya Produksi	113
4.2.1.3.3.1	Biaya Kegagalan Kualitas	113
4.2.1.3.3	Mengidentifikasi Sumber-Sumber serta Akar Penyebab Kecacatan	114
4.2.1.3.4	Diagram Sebab Akibat Untuk Produk Cacat	114
4.2.1.4	Tahap <i>Improve</i>	118
4.2.1.5	Tahap <i>Control</i>	126
4.2.2	Metode Simulasi	127
4.2.2.1	Distribusi Data Stat Fit	127
4.2.2.2	Membangun Model Simulasi Menggunakan <i>Software</i> ProModel 7.0	131
4.2.2.3	Menjalankan Program	133
4.2.2.4	Penentuan Fase <i>Steady State</i>	133
4.2.2.5	Output Hasil Simulasi Model Awal	137
4.2.2.6	Validasi Output Simulasi Model Awal	137
4.2.2.7	Membangun Model Skenario	140

BAB V PEMBAHASAN

5.1	Tahap <i>Define</i>	142
5.2	Tahap <i>Measure</i>	142
5.2.1	Penentuan Karakteristik Kualitas Kunci (CTQ)	142
5.2.2	Hasil Tingkat Ketidaksesuaian dan Uji Kendali Produk ...	143
5.2.3	Hasil Pengukuran Baseline Kerja (DPMO dan Tingkat <i>Sigma</i>) Data Atribut	144

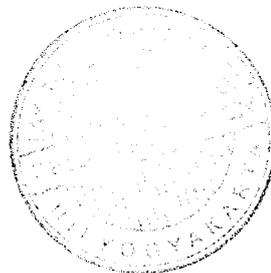
5.2.4	Hasil Pengukuran Baseline Kerja (DPMO dan Tingkat <i>Sigma</i>) Data Variabel	144
5.3	Tahap <i>Analyze</i>	145
5.3.1	Analisa Stabilitas Proses	145
5.3.2	Analisa Kemampuan Proses	146
5.3.3	Analisa Biaya Total Produksi	147
5.3.4	Identifikasi Sumber dan Akar Penyebab Kecacatan	148
5.4	Tahap <i>Improve</i>	149
5.5	Tahap <i>Control</i>	156
5.6	Model Simulasi	156
5.6.1	Analisa Simulasi Model Awal	156
5.6.2	Analisa Simulasi Model Skenario	157

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan	159
6.2	Saran	162

DAFTAR PUSTAKA

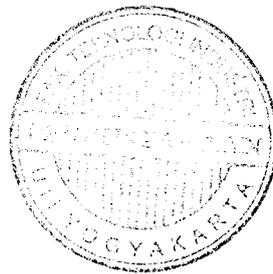
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan <i>True Six Sigma</i> Dengan <i>Motorola Six Sigma</i>	17
Tabel 2.2	Simbol Diagram Proses	23
Tabel 2.3	Contoh Tabel PICA	26
Tabel 2.4	“ <i>Seven Plus One</i> ” <i>Type of Waste</i>	36
Tabel 2.5	Pendekatan Untuk Reduksi Pemborosan	37
Tabel 4.1	Tabel Data Produksi Bulan Juni 2009.....	77
Tabel 4.2	Tabel Data Mesin Produksi	79
Tabel 4.3	Tabel Waktu Proses <i>Keba</i>	82
Tabel 4.4	Tabel Waktu Proses <i>Ospirator</i>	82
Tabel 4.5	Tabel Waktu Proses <i>Perajutan</i>	83
Tabel 4.6	Tabel Waktu Proses <i>Buncing</i>	83
Tabel 4.7	Tabel Waktu Proses <i>Penimbangan</i>	83
Tabel 4.8	Tabel Waktu Proses <i>Packaging</i>	83
Tabel 4.9	Jenis-Jenis Produk Yang Menghasilkan Kecacatan.....	90
Tabel 4.10	Jumlah Cacat Berdasarkan Jenis Cacat Benang D 50-48-2294.....	92
Tabel 4.11	Hasil Analisis Data CTQ Potensial Jenis Kegagalan.....	93
Tabel 4.12	Karakteristik Jenis Cacat Produk D 50-48-2294	94
Tabel 4.13	Data Pengukuran Jumlah Cacat Pada Proses <i>Spinneret</i>	95
Tabel 4.14	Data Pengukuran Jumlah Cacat Pada Proses <i>Drawing Twisting</i>	97
Tabel 4.15	Data Pengukuran Berat Benang D 50-48-2294	100
Tabel 4.16	Data Pengukuran Kerataan Benang D 50-48-2294.....	102
Tabel 4.17	Nilai DPMO dan Tingkat Sigma Proses <i>Spinneret</i>	105
Tabel 4.18	Nilai DPMO dan Tingkat Sigma Proses <i>Drawing Twisting</i>	106

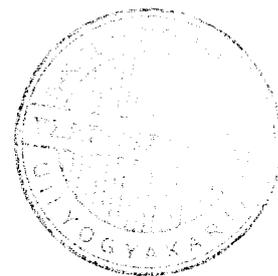
Tabel 4.19	Tabel Waktu Proses <i>Keba</i>	127
Tabel 4.20	Tabel Kecukupan Data	128
Tabel 4.21	Tabel Keseragaman Data.....	129
Tabel 4.22	Tabel Uji Distribusi Waktu Proses.....	131
Tabel 4.23	Tabel Entitas dan Atribut Simulasi Model Awal.....	133
Tabel 4.24	Tabel Data Relatif Output Produksi Tiap <i>Batch</i>	135
Tabel 4.25	Tabel Hasil Simulasi Model Awal	137
Tabel 4.26	Tabel Perbandingan Total Produk Model Simulasi Dengan Sistem Nyata.....	138
Tabel 4.27	Tabel <i>Descriptive Statistic</i> Sistem Nyata dan Hasil Simulasi	138
Tabel 4.28	Tabel Perbandingan Hasil Simulasi	141



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konsep <i>Six Sigma</i> Motorola Dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5-sigma	16
Gambar 2.2	Siklus Metode <i>Six Sigma</i> DMAIC	20
Gambar 2.3	Contoh <i>CTQ Tree</i>	21
Gambar 2.4	Peta Proses	22
Gambar 2.5	Contoh Diagram Tulang Ikan	25
Gambar 2.6	Contoh <i>Control Chart</i>	26
Gambar 2.7	Distribusi <i>Beta</i>	50
Gambar 2.8	Distribusi <i>Ekspensial</i>	51
Gambar 2.9	Distribusi <i>Gamma</i>	52
Gambar 2.10	Distribusi Log Normal.....	53
Gambar 2.11	Distribusi Normal.....	54
Gambar 2.12	Distribusi <i>Poisson</i>	55
Gambar 2.13	Distribusi <i>Triangular</i>	56
Gambar 2.14	Distribusi Seragam	57
Gambar 2.15	Distribusi <i>Weibull</i>	58
Gambar 3.1	Diagram Alir Kerangka Penelitian.....	66
Gambar 4.1	Struktur Organisasi PT. ITS	76
Gambar 4.2	Alur Proses Produksi	80
Gambar 4.3	Diagram SIPOC	88
Gambar 4.4	<i>Operation Process Chart</i>	89
Gambar 4.5	Diagram Pareto Tingkat Kecacatan Produk	91
Gambar 4.6	Diagram Pareto Jenis Penyebab Kecacatan Produk.....	93

Gambar 4.7	Peta Kendali \bar{np} Proses <i>Spinneret</i>	97
Gambar 4.8	Peta Kendali \bar{np} Proses <i>Drawing Twisting</i>	99
Gambar 4.9	Peta Kendali R Untuk Berat Benang D 50-48-229	101
Gambar 4.10	Peta Kendali \bar{X} Untuk Berat Benang D 50-48-2294.....	102
Gambar 4.11	Peta Kendali R Untuk Kerataan Benang D 50-48-2294.....	104
Gambar 4.12	Peta Kendali \bar{X} Untuk Kerataan Benang D 50-48-2294.....	105
Gambar 4.13	Peta Kendali \bar{x} Berat Benang Berdasarkan konsep <i>Six Sigma</i> <i>Motorola</i>	110
Gambar 4.14	Peta Kendali \bar{x} Kerataan Benang Berdasarkan Konsep <i>Six Sigma</i> <i>Motorola</i>	111
Gambar 4.15	Diagram Sebab Akibat Cacat Benang Keriting	114
Gambar 4.16	Diagram Sebab Akibat Cacat Benang Tidak Rata	115
Gambar 4.17	Diagram Sebab Akibat Cacat Berat Benang Tidak Standar	116
Gambar 4.18	Diagram Sebab Akibat Cacat Benang Putus	116
Gambar 4.19	Diagram Sebab Akibat Cacat Benang Kotor	117
Gambar 4.20	Data Waktu Proses <i>Keba</i> Pada Stat Fit	129
Gambar 4.21	Distribusi Data Proses <i>Keba</i> Pada Stat Fit.....	130
Gambar 4.22	<i>Export Fit</i> Pada Stat Fit	130
Gambar 4.23	Grafik Distribusi Triangular (2., 2.68, 2.45).....	130
Gambar 4.24	Gambar Simulasi Model Awal.....	132
Gambar 4.25	Gambar Grafik Fase <i>Warm Up – Steady State</i>	136



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Memasuki era globalisasi, persaingan dalam dunia industri semakin ketat. Setiap perusahaan berlomba untuk menghasilkan produk dengan kualitas terbaik guna merebut pangsa pasar dan mempertahankan eksistensinya. Untuk merebut pangsa pasar, kepuasan konsumen menjadi prioritas utama yang harus dicapai perusahaan. Terkait tentang kepuasan konsumen, maka erat kaitannya dengan kualitas produk yang dihasilkan perusahaan. Kualitas merupakan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacturing, dan maintenance*, dalam mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan (Feigenbaum, 1992).

Penelitian ini diawali dengan observasi di sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang bahan baku tekstil, yaitu PT. Indonesia Toray Synthetics (PT. ITS) yang berlokasi di Tangerang. Dari hasil pengamatan ditemukan beberapa permasalahan kualitas proses produksi. Permasalahan-permasalahan yang ada antara lain banyaknya jumlah produk cacat, terjadi pemborosan dalam proses produksi dan *recycle* yang menyebabkan lambatnya proses produksi serta adanya *complain* dan *claim* dari pelanggan akibat produk yang diterimanya tidak sesuai dengan pesannya.

Hal ini merupakan sebuah tantangan bagi PT. ITS untuk bisa menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan meminimalkan cacat sehingga akan menghasilkan produk dengan memiliki keunggulan yang kompetitif. PT. ITS menginginkan produk benang kualitas terbaik, yaitu benang yang berwarna putih mengkilap, tidak kotor, beratnya standar, bentuk gulungannya proporsional, tidak berserabut, dan tidak

keriting. Tetapi pada proses produksi masih terdapat banyak cacat yang dihasilkan, yang dapat menyebabkan terjadi adanya aktivitas tambahan atau pemborosan dan *recycle* selain lambatnya laju produksi sehingga dapat meningkatkan waktu dan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan. Oleh karena itu salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan pengendalian kualitas pada proses produksi.

Beberapa kajian yang telah dilakukan mengenai peningkatan kualitas produk pada proses produksi sampai saat ini cukup banyak ditemukan. Beberapa peneliti yang menyelesaikan permasalahan sejenis adalah Kania (2007) melakukan penelitian menggunakan *six sigma* dengan peningkatan kinerja pada proses produksi guna mengurangi cacat produk. Sedangkan Kuhl et.al. (2005), menggunakan pendekatan simulasi dalam *Design For Six Sigma (DFSS) tools* untuk mengurangi produk cacat, proses rework, dan tepat waktu dalam memenuhi target produksi.

Dari kajian literatur yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa penelitian sebelumnya hanya menentukan *baseline* kerja dan kapabilitas proses, tanpa memperhatikan adanya pemborosan yang terdapat pada proses. Penelitian yang dilakukan oleh Kuhl et.al. (2005) membuktikan bahwa hasil dari analisis *six sigma* dapat dijadikan input simulasi dalam menyelesaikan permasalahan kualitas.

Dalam penelitian ini akan dilakukan suatu rekomendasi perbaikan kualitas yang tidak hanya didasarkan pada *baseline* kerja dan kapabilitas proses tapi juga memperhatikan adanya pemborosan yang terdapat pada proses serta dampak bagi proses selanjutnya dan memperhitungkan biaya total produksinya dengan menggabungkan metode analisis *lean sigma* dan simulasi.

Oleh karena itu, sesuai dengan permasalahan yang dialami perusahaan diatas, maka masalah ini akan diselesaikan dengan metode *lean sigma* dan simulasi. Dengan

mengimplementasikan *tools* yang terdapat pada *lean sigma*, maka dihasilkan rancangan sistem baru yang dapat meningkatkan kinerja proses produksi.

Jika dilakukan perubahan pada input di proses produksi maka permasalahan akan menjadi semakin kompleks karena berpengaruh pada elemen-elemen yang lain sehingga pada akhirnya mempengaruhi output sehingga digunakan pendekatan simulasi untuk menganalisis performansi sistem. Dalam departemen *Nylon Filament Yarn* (NFY) ada divisi *Spinning* yang beroperasi selama 24 jam dengan 3 shift kerja setiap harinya. Tingginya jumlah produk cacat dan biaya produksi serta lambatnya waktu produksi dirasa perlu dilakukan evaluasi terhadap proses produksi yang ada. Salah satu kendala dalam mengevaluasi proses produksi adalah data sistem produksi yang *random/stokastik*, sehingga perlu menggunakan simulasi untuk menganalisisnya agar dapat diketahui pengaruh perubahan input terhadap outputnya atas performansi sistem. Dan perlu dipahami bahwa penggunaan simulasi hanya merupakan alat pendukung keputusan. Dari uraian tersebut diatas, kajian ini dapat memberikan kontribusi yang jelas kepada pengembangan keilmuan khususnya pada penggunaan *Lean Sigma* dan *Simulasi* dalam perbaikan kualitas produk pada proses produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Produk dan proses apa yang memiliki cacat paling banyak?
2. Seberapa besar indeks kapabilitas proses dalam perusahaan?
3. Faktor-faktor apa sajakah yang menyebabkan terjadinya cacat dan pemborosan tersebut serta bagaimana cara untuk mengatasinya?

4. Berapakah besaran penurunan jumlah produk cacat dan beban kerja operator bila dibandingkan dengan simulasi model awal?
5. Berapakah besar penurunan biaya total produksi per unit bila dibandingkan dengan simulasi model awal?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus pada pemecahan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya maka penelitian dilakukan dengan menggunakan batasan sebagai berikut :

1. Data yang akan digunakan adalah data produksi dari periode sebelum dilakukan penelitian dan saat penelitian di PT. Indonesia Toray Synthetics.
2. Penelitian dilakukan di Departement *Nylon Filament Yarn* (NFY) divisi *One Stop Process* (OSP) *Spinning* dan produk yang diteliti adalah produk benang *nylon* dengan tipe denier 50-48-2294.
3. Pengukuran performansi kualitas dilakukan pada tingkat proses.
4. Data jumlah cacat yang diambil untuk perhitungan nilai *sigma* produk cacat adalah data jumlah produk cacat sebelum dilakukan penelitian.
5. Total produk baik, jumlah produk cacat, beban kerja operator, dan biaya kualitas sebagai parameter.
6. Biaya yang dihitung adalah biaya lokasi berupa biaya listrik dan biaya *oil* benang, biaya entitas, dan biaya tenaga kerja.
7. Faktor yang diamati adalah faktor penyebab jumlah produk cacat.
8. Tidak dilakukan penelitian terhadap proses kimia dan ketidaksesuaian yang diakibatkan oleh bahan baku kimia.
9. Pengamatan disesuaikan dengan kondisi perusahaan dan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui produk dan proses yang memiliki cacat paling banyak.
2. Mengetahui besarnya indeks kapabilitas proses dalam perusahaan tersebut.
3. Mengetahui faktor-faktor penyebab cacat dan pemborosan.
4. Dengan simulasi, dapat mengetahui besaran penurunan jumlah produk cacat dan beban kerja operator berdasarkan perbandingan hasil simulasi model skenario dan model awal sebagai pertimbangan pihak manajemen perusahaan sebelum di aplikasikan ke sistem nyata.
5. Dengan simulasi, dapat mengetahui besarnya penurunan biaya total produksi per unit berdasarkan perbandingan hasil simulasi model skenario dan model awal sebagai pertimbangan pihak manajemen perusahaan sebelum di aplikasikan ke sistem nyata.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan pandangan bagi peneliti lainnya khususnya mengenai aplikasi *lean sigma* dan simulasi pada bidang rekayasa kualitas.
2. Dapat mengetahui pada proses mana yang paling banyak terjadinya pemborosan.
3. Dapat mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya pemborosan sehingga dapat diambil tindakan perbaikan untuk produksi yang akan datang.
4. Dapat mengurangi produk cacat (*defect*) dan pemborosan kerja.
5. Dapat meningkatkan kualitas produk dan proses perusahaan.
6. Mengetahui kondisi proses produksi perusahaan saat ini dan kondisi setelah dilakukan perbaikan.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian. Disamping itu juga memuat uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Mengandung uraian tentang, kerangka dan bagan alir penelitian, teknik yang dilakukan, model yang dipakai, pembangunan dan pengembangan model, bahan atau materi, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN HASIL PENELITIAN

Pada sub bab ini berisi tentang data yang diperoleh selama penelitian dan bagaimana menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data ditampilkan baik dalam bentuk table maupun grafik. Yang dimaksud dengan pengolahan data juga termasuk analisis yang



dilakukan terhadap hasil yang diperoleh. Pada sub bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada sub bab V yaitu pembahasan hasil.

BAB V PEMBAHASAN

Melakukan pembahasan hasil yang diperoleh dalam penelitian, dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan sebuah rekomendasi.

BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan rekomendasi atau saran-saran atas hasil yang dicapai dan permasalahan yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Penelitian mengenai kualitas proses telah dilakukan beberapa kali. Diantara penelitian-penelitian tersebut adalah penelitian yang dilakukan oleh Bayu (2007), melakukan penelitian tentang kualitas proses dan disimpulkan bahwa penambahan inspeksi *in-process* mampu mengurangi jumlah produk cacat dan biaya kualitas secara keseluruhan. Dalam penelitian tersebut, dilakukan pengumpulan data atribut untuk mengetahui jenis cacat terbanyak. Selain itu dilakukan juga penelitian terhadap biaya kualitas dan penggunaan metode FMEA dan PICA untuk mengetahui penyebab cacat yang paling dominan dan bagaimana usulan perbaikannya.

Isnawati (2008), melakukan penelitian tentang peningkatan kualitas proses dengan menggunakan *six sigma*. Dimana penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa tentang pengaruh produk cacat terhadap biaya kualitas. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data atribut dan variabel untuk mencari jumlah cacat terbanyak, dan juga meneliti tentang biaya kualitasnya.

Febriani (2006), dalam penelitian ini menggunakan metode *six sigma* dengan *tool* DMAIC. Dan didapat kesimpulan bahwa penggunaan *six sigma* dapat mengurangi produk cacat dan pemborosan dengan waktu relatif cepat.

Muchtari dan Noviyarsi (2007), menggunakan implementasi 5S ke dalam *lean sigma* dan didapat kesimpulan bahwa implementasi 5S dalam *lean sigma* dapat meminimalisasi pemborosan seperti meminimalisasi waktu untuk mencari alat, waktu tunggu dan waktu transportasi.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Kania (2007) dimana penelitian ini berusaha mengidentifikasi kualitas proses dengan menggunakan metode *six sigma* dengan *tool* DMAIC dan didapat kesimpulan bahwa faktor penyebab terjadinya pemborosan (*waste*) adalah adanya penambahan pengerjaan ulang (*rework*).

Mason et.al. (2008) menggunakan simulasi untuk mengoptimalkan alur proses manufaktur. Selain itu, simulasi juga dapat menganalisis pengukuran performansi, seperti utilitas mesin, utilitas tenaga kerja dan alur kerja berlebih yang tidak dapat diperkirakan lebih awal.

Kuhl et.al. (2005) menggunakan pendekatan simulasi dalam *Design For Six Sigma* (DFFS) *tools* untuk mengurangi produk cacat, proses *rework*, dan ketepatan waktu dalam memenuhi target produksi. Selain itu simulasi dapat juga mengidentifikasi *robust* dengan lebih cepat dan mudah.

Dari kajian literatur yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa penelitian sebelumnya hanya menentukan *baseline* kerja dan kapabilitas proses, tanpa memperhatikan adanya pemborosan yang terdapat pada proses. Penelitian yang dilakukan oleh Kuhl et.al. (2005) membuktikan bahwa hasil dari analisis *six sigma* dapat dijadikan input simulasi dalam menyelesaikan permasalahan kualitas.

Dalam penelitian ini akan dilakukan suatu rekomendasi perbaikan kualitas yang tidak hanya didasarkan pada *baseline* kerja dan kapabilitas proses tapi juga memperhatikan adanya pemborosan yang terdapat pada proses serta dampak bagi proses selanjutnya dan memperhitungkan biaya total produksinya dengan menggabungkan metode analisis *lean sigma* dan pendekatan simulasi. Dimana metode *lean sigma* dapat mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan pada proses, dan output dari analisis ini akan digunakan sebagai input dalam membangun model

simulasi. Sehingga dari hasil penelitian bisa menjadi bahan pertimbangan manajemen perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan perbaikan kualitas.

Sedangkan parameter yang akan dijadikan dasar dalam penelitian ini adalah total produk baik, jumlah produk cacat, beban kerja, dan biaya total produksi per unit. Dimana jumlah produk cacat dan biaya kualitas setelah usulan perbaikan diterapkan dalam model simulasi diharapkan dapat berkurang secara signifikan. Sehingga perusahaan dapat melakukan kebijakan perbaikan kualitas secara lebih tepat dan terarah karena dengan kualitas proses produksi yang baik maka akan mampu menurunkan produk cacat.

2.1 Pengertian Kualitas

Dalam mendefinisikan “kualitas” banyak ahli yang mendefinisikan secara berbeda-beda hal ini dikarenakan kualitas memiliki pengertian yang bervariasi. Berikut ini adalah pengertian tentang definisi kualitas (Dorothea, 2003) :

1. Menurut Juran, “kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya.”
2. Menurut Crosby, “kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, reliability, maintainability, dan cost effectiveness.*”
3. Menurut Deming, “kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan di masa mendatang.”
4. Menurut Feigenbaum, “kualitas merupakan kebutuhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture, dan maintenance*, dalam mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan.”

5. Menurut Scherkenbach, "kualitas ditentukan oleh pelanggan, pelanggan menginginkan produk dan jasa yang sesuai dengan kebutuhan dan harapannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk tersebut."
6. Menurut Elliot, "kualitas adalah sesuatu yang berbeda untuk orang yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai dengan tujuan."
7. Menurut Goetch dan Davis, "kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan."
8. Perbendaharaan istilah ISO 8402 dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991), kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria-kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.

Dengan demikian kualitas didefinisikan sebagai konsistensi peningkatan atau perbaikan dan penurunan variasi karakteristik dari suatu produk yang dihasilkan, agar memenuhi kebutuhan yang telah dispesifikasikan, guna meningkatkan kepuasan pelanggan internal maupun eksternal.

Pada dasarnya performansi kualitas dapat ditentukan dan diukur berdasarkan karakteristik kualitas yang terjadi dari beberapa sifat atau dimensi berikut (Gaspersz, 2006) :

1. Fisik : panjang, besar, diameter, tegangan, kekentalan, dll.
2. *Sensory* (berkaitan dengan panca indera) : rasa, penampilan, warna, bentuk, model, dll.

3. Orientasi waktu: keandalan (*reliability*), kemampuan pelayanan (*serviceability*), kemudahan pemeliharaan (*maintenanceability*), ketetapan waktu penyerahan produk, dll.
4. Orientasi biaya : berkaitan dengan dimensi biaya yang menggambarkan harga atau ongkos dari suatu produk yang harus dibayarkan oleh konsumen.

2.1.1 Pengertian Tentang Pengendalian

Arti kendali dalam industri dapat didefinisikan sebagai suatu proses untuk mendelegasikan tanggung jawab dan wewenang untuk kegiatan manajemen sambil tetap menggunakan cara-cara untuk menjamin hasil yang memuaskan.

Berdasarkan pada waktu pelaksanaan pengendalian, dikenal tiga macam pengendalian yaitu :

a. Pengendalian sebelum proses (*Preventive Control*)

Dimaksudkan agar produksi dapat berjalan sesuai dengan rencana, meliputi pemeriksaan terhadap :

1. Rencana produksi.
2. Desain produk.
3. Mesin/peralatan.
4. Bahan baku/penolong.
5. Tenaga kerja.



b. Pengendalian pada saat proses berlangsung

Hal ini bertujuan untuk mengendalikan apabila terjadi penyimpangan-penyimpangan terhadap standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan dapat segera dilakukan koreksi.

c. Pengendalian setelah proses (*Repressive Control*)

Pengendalian ini dimaksudkan sebagai pencegahan terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang telah terjadi selama proses produksi yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk mencegah terjadinya penyimpangan yang akan datang.

2.1.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas pada umumnya ada empat langkah yaitu :

1. Menetapkan standar, yaitu menentukan standar mutu biaya, standar mutu prestasi kerja, standar mutu keamanan, dan standar mutu.
2. Menilai kesesuaian, yaitu membandingkan masalah dari produk yang dibuat, atau jasa yang ditawarkan terhadap standar-standar yang telah ditetapkan.
3. Bertindak bila diperlukan. Mengoreksi masalah dan penyebabnya melalui faktor-faktor yang meliputi pemasaran, perancangan, rekayasa, produksi dan pemeliharaan yang mempengaruhi kepuasan pelanggan.
4. Merencanakan perbaikan. Mengembangkan upaya yang kontinyu untuk memperbaiki standar-standar biaya, prestasi, keamanan dan keterandalan.

2.1.3 Tes Kecukupan dan Keseragaman Data

2.1.3.1 Tes Kecukupan Data

Tes kecukupan data adalah aktivitas yang dilakukan dengan tujuan untuk menentukan jumlah observasi yang harus dilakukan (N') untuk melakukan perhitungan ini terlebih dahulu harus ditetapkan tingkat kepercayaan (k) dan derajat ketelitian (s) serta jumlah pengamatan untuk elemen kerja yang telah diukur.

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$SD = \frac{\sqrt{\sum (Xi - \bar{X})^2}}{n-1}$$

Dimana :

- \bar{X} = rata-rata
- Xi = hasil pengamatan
- SD = standar deviasi
- \bar{X} = rata-rata hasil pengamatan
- n = jumlah pengamatan

$$UCL = \bar{X} + k.SD$$

$$LCL = \bar{X} - k.SD$$

Apabila persebaran data masih dalam batas antara UCL dan LCL maka data dianggap seragam atau tidak menyimpang. Sebaliknya, jika data berada di luar batas UCL dan LCL maka data yang telah dikumpulkan belum seragam, sehingga data yang berada di luar kontrol di hilangkan. Kemudian dilakukan pengumpulan data dan di uji kembali untuk mendapatkan data yang seragam.

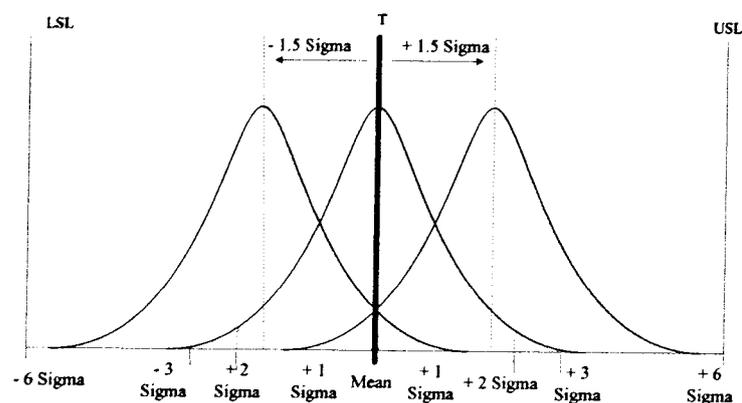
2.2 Pengertian *Six Sigma*

Six Sigma Motorola merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986, yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas. Prinsip-prinsip pengendalian dan peningkatan kualitas *Six Sigma* Motorola mampu menjawab tantangan ini, dan terbukti perusahaan Motorola selama kurang lebih 10 tahun setelah implementasi konsep *Six Sigma* telah mampu mencapai tingkat kualitas 3,4 DPMO (*defect per million opportunities*-kegagalan per sejuta kesempatan).

Beberapa keberhasilan Motorola yang patut dicatat dari aplikasi program *Six Sigma* adalah sebagai berikut :

1. Peningkatan produktivitas rata-rata 12,3% per tahun.
2. Penurunan COPQ (*cost of poor quality*) lebih daripada 84%.
3. Eliminasi kegagalan dalam proses sekitar 99,7%.
4. Penghematan biaya manufakturing lebih daripada \$11 miliar.
5. Peningkatan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata : 17% dalam penerimaan, keuntungan, dan harga saham Motorola.

Proses *Six Sigma* dengan distribusi normal yang mengizinkan nilai rata-rata (*mean*) proses bergeser 1,5 sigma dari nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan, ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konsep *Six Sigma* Motorola Dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5-sigma

Perlu dicatat dan dipahami sejak awal bahwa konsep *Six Sigma* Motorola dengan pergeseran nilai rata-rata (*mean*) dari proses yang diizinkan sebesar 1,5-sigma (1,5 standar deviasi maksimum) adalah berbeda dari konsep *Six Sigma* dalam distribusi normal yang umum dipahami selama ini yang tidak mengizinkan pergeseran dalam nilai rata-rata (*mean*) dari proses. Dengan demikian berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola, berlaku toleransi penyimpangan: (*mean* - Target) atau $(\mu - T) =$

$1,5\sigma$ atau $\mu = T \pm 1,5\sigma$. Di sini μ (baca: mu) merupakan nilai rata-rata (*mean*) dari proses, sedangkan σ (baca: *sigma*) merupakan ukuran variasi proses. Perbedaan ini ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan *True Six Sigma* Dengan *Motorola Six Sigma*

<i>True Six Sigma Process</i>			<i>Motorola Six Sigma Process</i>		
Batas spesifikasi (LSL-USL)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL – USL)	DPMO	Batas spesifikasi (LSL-USL)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL – USL)	DPMO
± 1 -sigma	68,27%	317.300	± 1 -sigma	30,8538%	691.462
± 2 -sigma	95,54%	45.500	± 2 -sigma	69,1462%	308.538
± 3 -sigma	99,73%	2.700	± 3 -sigma	93,3193%	66.807
± 4 -sigma	99,9937%	63	± 4 -sigma	99,3790%	6.210
± 5 -sigma	99,999943%	0,57	± 5 -sigma	99,9767%	233
± 6 -sigma	99,9999998%	0,002	± 6 -sigma	99,99966%	3,4

Dalam pendekatan *Six Sigma* terdapat konsep dasar yaitu pada dasarnya pelanggan akan puas apabila mereka menerima nilai yang mereka harapkan. Apabila produk diproses pada tingkat kinerja kualitas *Six Sigma*, perusahaan boleh mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) atau bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk itu. Dengan demikian *Six Sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja proses industri tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi nilai target *sigma* yang dicapai, semakin baik kinerja proses industri. *Six Sigma* juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri berfokus pada pelanggan, melalui penekanan pada kemampuan proses (*process capability*).

Apabila konsep *Six Sigma* akan diterapkan dalam bidang *manufacturing*, ada enam aspek yang perlu diperhatikan :

1. Identifikasi karakteristik produk sesuai ekspektasi pelanggan.

2. Klasifikasi karakteristik kualitas sebagai CTQ (*Critical-to-Quality*) individual.
3. Menentukan apakah setiap CTQ dapat dikendalikan melalui material, mesin, proses-proses kerja dan lain-lain.
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai dengan ekspektasi pelanggan (menentukan nilai LCL dan UCL dari setiap CTQ).
5. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ (menentukan nilai maksimum standar deviasi untuk setiap CTQ).
6. Mengubah desain produk dan atau proses sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target *Six Sigma* yang memiliki indeks kemampuan proses minimum sama dengan dua ($C_{pm} \geq 2$).

2.2.1 Metodologi *Six Sigma*

Metodologi yang digunakan dalam upaya mendukung metode *Six Sigma* tersebut adalah DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improvement, Control*). DMAIC digunakan untuk memperbaiki produk dan proses yang ada. Proses DMAIC sebaiknya digunakan saat produk atau proses dapat ditingkatkan untuk memenuhi atau menambah persyaratan kebutuhan pelanggan sembari untuk mendukung tujuan bisnis. Harus juga diperhatikan bahwa metodologi *Six Sigma* tidaklah kaku. Pendekatan bervariasi, kadang-kadang secara signifikan. Salah satu variasi itu adalah dalam tahap-tahap tersebut. Sebagian pendekatan menggunakan kelima tahap di atas, sebagian lagi tidak memasukkan tahap *define*. Inti dari semua ini adalah seperangkat alat yang bertujuan membantu para manajer dan karyawan memahami dan memperbaiki proses-proses yang kritis sehingga dapat tercipta kepuasan pelanggan (*customer satisfaction*).

Konsep DMAIC merupakan sebuah *close loop* di mana output dari tiap fase akan menjadi *input* bagi fase selanjutnya bahkan output dari fase terakhir dalam satu

loop (fase control), akan menjadi input bagi rencana/proyek perbaikan (tahapan DMAIC) selanjutnya, ini akan menjamin dilakukannya peningkatan yang berkelanjutan. Siklus DMAIC dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sedangkan fase-fase dalam DMAIC meliputi :

1. Tahap *Define*

Merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini perlu didefinisikan beberapa hal yang terkait dengan : (1) kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*, (2) peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek *Six Sigma*, (3) kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*, (4) proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya, (5) kebutuhan spesifik dari pelanggan, dan (6) pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*.

2. Tahap *Measure*

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan yaitu : (1) memilih atau menentukan karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan, (2) mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, output, dan/atau *outcome*, dan (3) mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, output, dan/atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja pada awal proyek *Six Sigma*.

3. Tahap *Analyze*

Merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini perlu dilakukan beberapa hal berikut : (1) menentukan stabilitas (*stability*) dan kapabilitas/kemampuan (*capability*) dari proses, (2)

menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*, (3) mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan, dan (4) mengkonversikan banyak kegagalan ke dalam biaya kegagalan kualitas (*cost of poor quality*).

4. Tahap *Improvement*

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*.

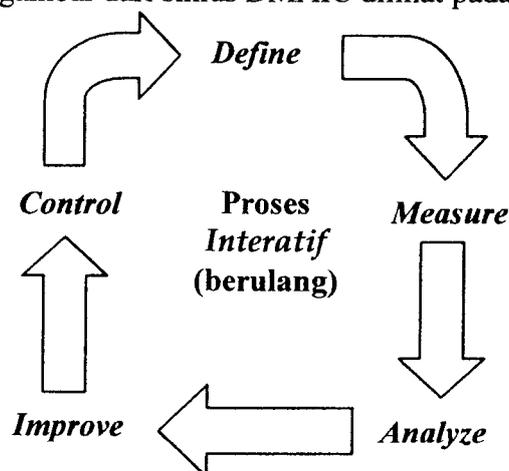
5. Tahap *Control*

Control merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Mengevaluasi solusi dan rencana, menjaga upaya-upaya yang telah dilakukan dengan menstandarisasi proses, dan juga memonitor langkah-langkah perbaikan.

Hasil dari tahap ini adalah :

- a. Analisa sebelum dan sesudah.
- b. Sebuah sistem monitoring.
- c. Dokumentasi hasil, pembelajaran, dan rekomendasi yang lengkap.

Berikut adalah gambar dari siklus DMAIC dilihat pada gambar 2.2.



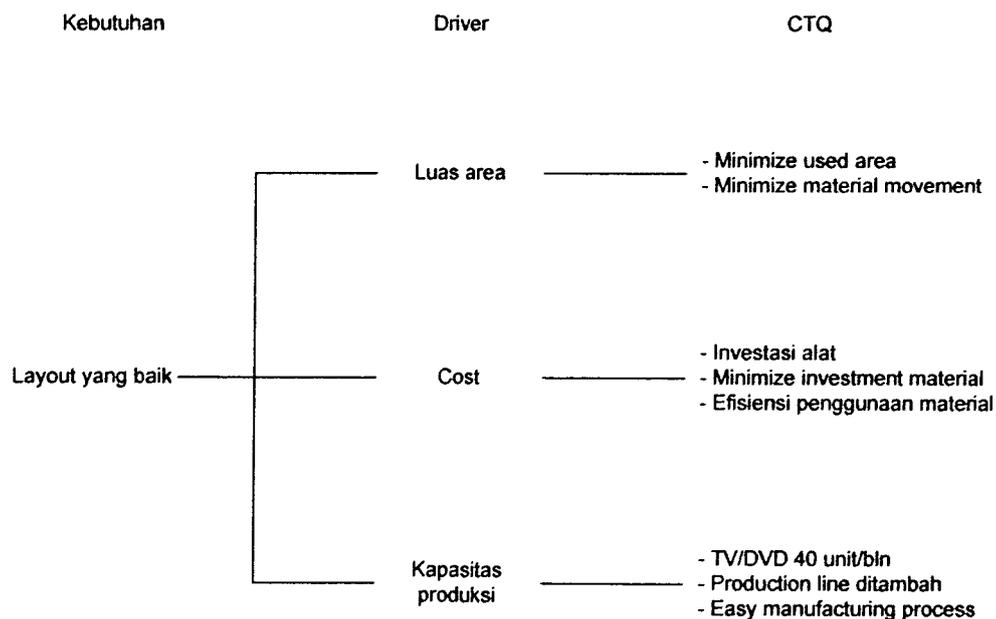
Gambar 2.2 Siklus Metode *Six Sigma* DMAIC

2.2.2 Tools Dalam *Six Sigma*

Salah satu dari pengertian *Six Sigma* adalah *Six Sigma* sebagai *tools*. Didalam *Six Sigma* banyak menggunakan *tools* perbaikan yang sebenarnya telah diterapkan pada program peningkatan kualitas sebelumnya. Akan tetapi ada beberapa *tools* dalam *Six Sigma* yang lebih komprehensif yang dapat digunakan untuk menganalisa masalah yang lebih kompleks. Berikut adalah beberapa *tools* yang digunakan :

1. CTQ (*Critical to Quality*) Tree

Tools ini digunakan untuk mengidentifikasi proses atau produk yang akan diperbaiki untuk menterjemahkan permintaan customer. Biasanya bentuknya hanya terdiri dari turunan masalah atau *breakdown* dari semua masalah sampai tercapai atau teridentifikasi masalah yang sesungguhnya guna memenuhi keinginan customer. Contoh CTQ Tree dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh CTQ Tree

2. SIPOC (*Supplier-Input-Proses-Output-Customer*)

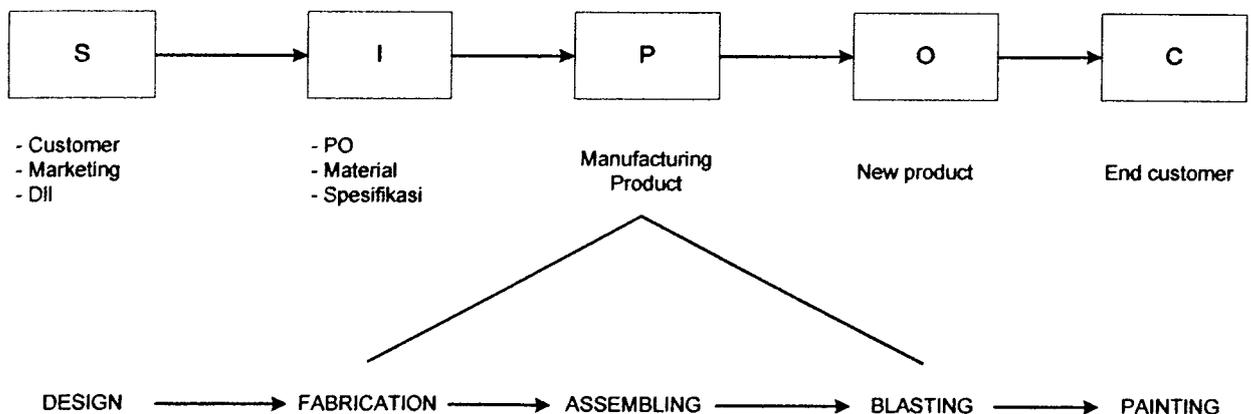
SIPOC adalah sebuah peta proses yang didalamnya teridentifikasi siapa pemasoknya, apa inputnya, bagaimana prosesnya, apa hasilnya dan siapa saja

pemakainya. Kualitas ditentukan oleh output yang dihasilkan, untuk itu output yang dihasilkan harus ditingkatkan dengan menganalisa input dan variabel-variabel yang ada didalamnya. SIPOC merupakan *tool* yang sangat efektif. SIPOC dapat memastikan bahwa semua orang akan melihat proses dalam cara pandang yang sama. Untuk itulah SIPOC harus ada pada tahap awal proyek. Proses dipetakan menjadi beberapa langkah, kemudian analisa mulai dijalankan dari kiri ke kanan, yaitu dari pelanggan (*customer*) ke pemasok (*supplier*).

Langkah-langkah proses *mapping* :

1. Menamakan proses.
2. Membuat batasan titik awal dan akhir proses.
3. Membuat daftar output dan pelanggan.
4. Membuat daftar input dan pemasok.
5. Identifikasi, beri nama dan urutkan langkah-langkah yang ada dalam proses.

Contoh Peta Proses dapat dilihat pada gambar 2.4.



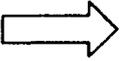
Gambar 2.4 Peta Proses

3. Diagram Operasi (*Operation Chart*)

Diagram operasi adalah alat untuk menggambarkan proses dalam bentuk yang ringkas, sehingga mudah untuk dimengerti. Diagram operasi akan memberi

gambaran secara grafis dari tiap-tiap kejadian dalam suatu pekerjaan. Simbol-simbol yang digunakan untuk membuat diagram proses antara lain adalah :

Tabel 2.2 Simbol Diagram Proses

	<i>Operation</i>	Operasi terjadi ketika suatu obyek dengan sengaja dirubah menjadi bentuk atau karakteristik lain
	<i>Transportation</i>	Transportasi terjadi ketika suayu obyek dipindahkan dari tempat satu ke tempat lain, tetapi bukan perpindahan yang masih terintegrasi dalam rangkaian kegiatan operasi
	<i>Inspection</i>	<i>Inspection</i> terjadi ketika suatu obyek diperiksa atau dibandingkan dengan standar baik dalam kuantitas maupun kualitas
	<i>Delay</i>	<i>Delay</i> terjadi ketika kegiatan selanjutnya yang mengikuti kegiatan sebelumnya tidak berjalan dengan segera (tertunda)
	<i>Storage</i>	<i>Storage</i> terjadi ketika suatu obyek disimpan dalam pengawasan, seperti misalnya pengawasan jumlah pengambilannya
	<i>Combined</i>	Dua simbol dapat dijadikan satu ketika menunjukkan aktifitas yang dikerjakan sekaligus bersamaan

Simbol-simbol tersebut berlaku seperti sebuah alat bantu dalam membuat langkah-langkah detail pada sebuah proses dengan cepat dan mudah, seperti urutan-urutan aktifitas seseorang, atau langkah-langkah yang dilalui oleh sebuah material. Penggunaan diagram proses secara benar akan dapat mendeteksi dan mengusulkan tindakan-tindakan perbaikan yang perlu dilakukan terhadap proses, misalnya pengurangan waktu, penggabungan aktifitas sehingga lebih efisien, dan lain-lain.

4. FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*)

Failure Modes and Effect Analysis adalah salah satu *tools* analisa yang sangat komprehensif. FMEA merupakan suatu prosedur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai resiko yang berhubungan dengan sumber potensial kegagalan produk atau proses. Dengan mengidentifikasi resiko,

sumber daya dapat dialokasikan untuk mengurangi atau menghilangkan kegagalan (*failure*). Langkah-langkah dalam membuat FMEA adalah :

1. Identifikasi *Potensial Failure Modes*.

Potensial Failure Modes adalah bentuk kegagalan dari produk, jasa atau proses.

2. Identifikasi *Potensial Modes Effect* dari tiap kegagalan dan dihitung *severity*.

a. *Potensial Effect* adalah dampak yang ditimbulkan bila *Failure Mode* tidak dicegah.

b. *Severity* adalah signifikan dampak yang ditimbulkan oleh *potensial effect* baik internal maupun eksternal.

3. Identifikasi *Causes* dan hitung *Occurence*.

a. *Causses* adalah kekurangan (*deficiency*) yang mengakibatkan kegagalan (*failure*).

b. *Occurance* adalah bagaimana kemungkinan sebab dari *failure* modes akan terjadi.

4. Hitung kemampuan untuk mendeteksi tiap *failure modes* (*detection*)

5. Kalikan ketiga angka yang ada, yaitu *Severity*, *Ocurance*, *Detection* untuk mendapatkan nilai RPN (*Risk Priority Number*)

$$RPN = SEV \times OCC \times DET$$

RPN adalah perhitungan numerik dari resiko relatif dari suatu kegagalan.

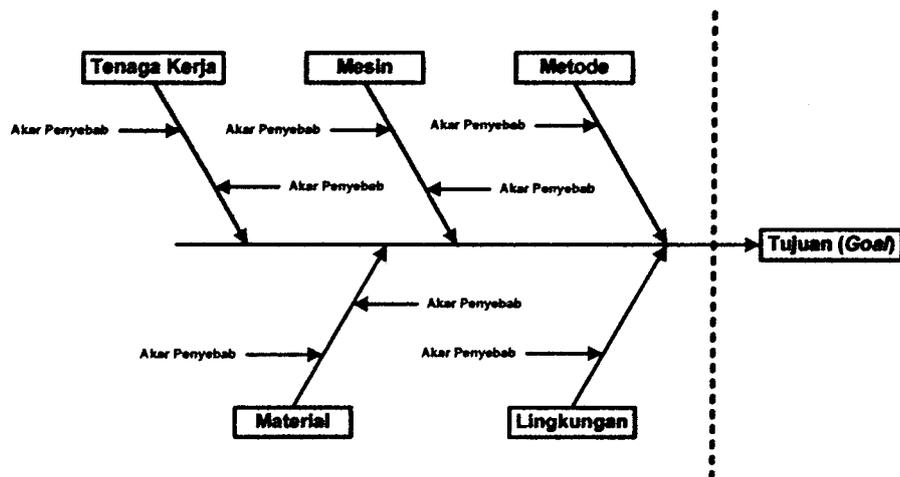
RPN digunakan untuk memberikan prioritas pada item mana yang membutuhkan tindakan perbaikan segera.

5. *Fishbone* Diagram

Fishbone Diagram atau diagram tulang ikan sering juga disebut juga sebagai diagram Ishikawa, sebab yang pertama kali menemukan metode ini adalah Kaoru

Ishikawa. Diagram tulang ikan adalah sebuah diagram yang menggambarkan hubungan antara karakteristik kualitas dengan berbagai faktor. *Tool* ini merupakan salah satu *tools* yang paling sering digunakan dalam perbaikan kualitas. *Tool* ini digunakan hanya untuk mengidentifikasi sebab dan akibat yang ditimbulkan.

Untuk mengilustrasikan pada sebuah diagram hubungan antara sebab dan akibat, kita ingin mengetahui sebab dan akibat dalam bentuk yang nyata. Oleh karenanya, akibat = karakteristik mutu dan sebab = faktor. Gambar 2.5 "disebut gambar sebab-akibat". Dalam praktek umum, faktor harus ditulis lebih rinci untuk membuat diagram menjadi bermanfaat.



Gambar 2.5 Contoh Diagram Tulang Ikan

Faktor yang termasuk dalam permasalahan mutu pada pabrik kita hampir tidak terhitung. Diagram sebab-akibat berguna untuk membantu kita dalam memilih penyebab penyebaran dan mengorganisasikan hubungannya.

6. PICA (*Problem Identification and Corrective Action*)

PICA adalah *tools* yang digunakan dalam metode *Six Sigma* yaitu pada tahap perbaikan (*Improve*). PICA berbentuk tabel yang isinya diperoleh dari hasil FMEA yang memiliki RPN tertinggi atau yang berwarna merah. Hasil yang akan diperoleh oleh PICA adalah berupa usulan-usulan kegiatan perbaikan terhadap

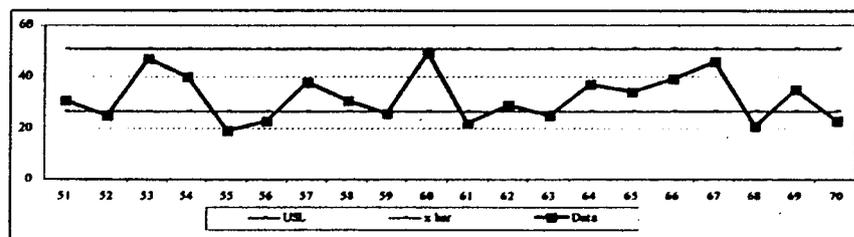
sebab-sebab masalah yang sudah diidentifikasi sebelumnya. Contoh tabel PICA ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Contoh Tabel PICA

No.	Masalah	Perbaikan	Mengapa	Bagaimana	Kapan	Biaya	Dimana	PIC

7. Control Chart (Grafik Kontrol)

Grafik kontrol adalah grafik yang secara khusus memberi kita informasi dalam dua dimensi, distribusi proses (rata-rata dan varian) dan kecenderungan proses. *Control Chart* dapat digunakan untuk memonitor dan mendeteksi perubahan-perubahan yang terjadi pada proses yang diakibatkan oleh variasi sebab khusus (*Special Cause Variation*). *Control Chart* terjadi dari beberapa jenis, seperti control chart p, np, Xbar-R dan lain-lain. Jenis *control chart* yang dipakai harus disesuaikan dengan jenis data yang ada.



Gambar 2.6 Contoh *Control Chart*

Grafik Kontrol (*Control Chart*) dapat dibedakan menjadi 2 :

1. Grafik kontrol untuk data atribut (Diskrit).
2. Grafik kontrol untuk data variabel (*Continuous*).

2.2.2.1 Data Atribut

Data atribut merupakan data karakteristik yang menunjukkan suatu sifat produk. Banyak karakteristik kualitas tidak dapat dengan mudah dinyatakan secara numerik. Biasanya yang diperiksa kita klasifikasi sebagai sesuai dengan spesifikasi pada karakteristik kualitas itu atau tidak sesuai dengan spesifikasi. Istilah “cacat” atau “tidak cacat” kadang-kadang digunakan untuk mengidentifikasi kedua klasifikasi produk ini. Karakteristik seperti ini dinamakan sifat (atribut). Termasuk di dalamnya peta kendali np.

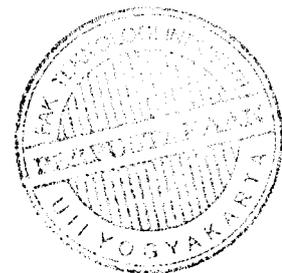
Peta Kendali $n\bar{p}$

Bila ukuran sampel beragam, peta kendali harus memperlihatkan bagian yang ditolak dan bukan jumlah aktual yang ditolak. Jika jumlah yang ditolak ditebar, garis pusat pada peta tersebut akan perlu diubah untuk setiap perubahan dalam ukuran sampel. Akan tetapi jika ukuran sampel konstan, peta untuk jumlah aktual yang ditolak dapat digunakan. Peta seperti itu disebut peta np atau pn. Maka perhitungan batas kendalinya :

$$CL \ n\bar{p} = \frac{\text{totalcacat}}{\text{banyaknyapengambilansampel}}$$

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$



2.2.2.2 Data Variabel

Data variabel merupakan data karakteristik yang memiliki banyak variasi. Misalkan ukuran tinggi manusia. Data variabel dapat menunjukkan seberapa jauh penyimpangan dari standar proses. Dan digunakan untuk menggambarkan variasi atau penyimpangan yang terjadi pada kecendrungan memusat dan

penyebaran observasi. Pada peta kontrol variabel data diperluas harus dapat diukur dan karakteristik kualitas akan ditentukan oleh besar kecilnya penyimpangan terhadap ukuran yang distandarkan untuk hasil proses kerja yang berlangsung. Termasuk di dalamnya peta kendali \bar{x} dan R.

1. Peta kendali \bar{x}

Langkah-langkah dalam pembuatan peta \bar{x} adalah :

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data biasanya dilakukan > 100 sampel, semuanya diambil dari proses yang sama dengan data yang diambil berurut.

2. Mengelompokkan data ke dalam sampel.

Ukuran sampel = n

Jumlah sampel = k

3. Mencatat data dalam lembar data.

Perhitungan \bar{x} dan R untuk setiap sampel pada lembar data.

4. Menghitung nilai rata-rata data.

Menjumlahkan seluruh sampel yang diambil kemudian dibagi dengan ukuran sampel.

5. Menghitung rentang.

Rumus yang digunakan untuk setiap sampel adalah :

$$R = X_{(terbesar)} - X_{(terkecil)}$$

6. Menghitung rata-rata keseluruhan (\bar{X})

Rata-rata keseluruhan merupakan total rata-rata setiap sampel yang dibagi dengan jumlah sampel.

dengan memisalkan $A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$ yang tergantung pada nilai n , maka

peta kendali \bar{x} menjadi sebagai berikut :

$$CL = \bar{X}$$

$$UCL_x = \bar{X} + A_2\bar{R}$$

$$LCL_x = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

c. Apabila nilai standar tidak diketahui, penaksirannya melalui s .

maka kita gunakan \bar{x} sebagai penaksir μ dan $\frac{s}{c_4}$ digunakan untuk

menaksir σ . dengan memisalkan $A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}$

$$CL = \bar{X}$$

$$UCL_x = \bar{X} + A_3\bar{R}$$

$$LCL_x = \bar{X} - A_3\bar{R}$$

2. Peta Kendali R

Untuk peta kendalai R langkah-langkahnya hampir sama dengan langkah-langkah pada peta kendali \bar{x} , sedangkan untuk nilai batas kendalinya sebagai berikut :

1. Apabila nilai standar diberikan.

Untuk membentuk peta R dengan nilai standar σ , kita ingat bahwa

$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$, dengan d_2 adalah mean distribusi rentang relatif. Lagi pula

deviasi standar R adalah $\sigma_{R=d_3\sigma}$, dengan d_3 deviasi standar distribusi

rentang relatif. Maka parameter grafik pengendali itu adalah :

$$CL = d_{2\sigma}$$

$$UCL = D_2\sigma$$

$$LCL = D_1\sigma$$

dimana nilai $D_2 = d_2 + 3d_2$

$$D_1 = d_2 - 3d_2$$

2. Apabila nilai standar tidak diberikan.

Karena σ tidak diketahui, kita dapat menaksir σ_R dengan $\sigma_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$

Dengan demikian, maka kita dapatkan parameter peta R dengan batas pengendali sebagai berikut :

$$CL = \bar{R}$$

$$UCL = \bar{R}D_4$$

$$LCL = \bar{R}D_3$$

dimana nilai : $D_3 = 1 - 3\frac{d_3}{d_2}$ dan $D_4 = 1 + 3\frac{d_3}{d_2}$

2.2.3 Analisis DPMO Dan Tingkat *Sigma*

2.2.3.1 Analisis DPMO dan Tingkat *Sigma* Untuk Data Atribut

Rumus perhitungan DPMO (Gaspersz, 2007) :

$$= \left\{ \frac{\sum Output_cacat}{\sum Output_diperiksa \times CTQ_Potensial} \right\} \times 1.000.000$$

Adapun rumus perhitungan tingkat *sigma* untuk data atribut yang digunakan dalam program *Microsoft Excel* adalah seperti berikut (Gaspersz, 2007) :

$$\text{Nilai } \sigma = \text{normsinv} ((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5$$

2.2.3.2 Analisis DPMO dan Tingkat *Sigma* Untuk Data Variabel

Menentukan nilai DPMO dan tingkat *sigma* untuk data atribut dan data variabel.

- a. Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL dengan rumus :

$$P \left[Z \geq \left(\frac{USL - X - bar}{S} \right) \right] \times 1.000.000$$

- b. Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL dengan rumus :

$$P \left[Z \geq \left(\frac{LSL - X - bar}{S} \right) \right] \times 1.000.000$$

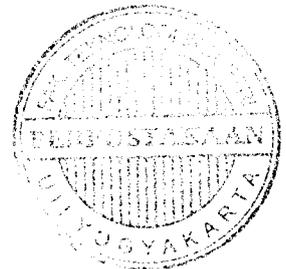
Sehingga DPMO diperoleh dengan $P(z > BPA) \times 1.000.000 + P(z < BPB) \times 1.000.000$ yang kemudian hasilnya dikonversikan kedalam nilai *sigma* dengan bantuan tabel.

Namun jika ingin mengetahui tingkat kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO), gunakan formula berikut dalam program *Microsoft Excel* :

$$= 1000000 - \text{normsdist}(-1.5 + \text{NILAISIGMA}) * 1000000$$

untuk NILAI *SIGMA* = 2.5, maka gunakan formula berikut :

$$= 1000000 - \text{normsdist}(-1.5 + 2.5) * 1000000$$



2.2.4 Kapabilitas Proses

Indeks Kapabilitas Proses (Cpm) digunakan untuk mengukur pada tingkat mana output proses pada nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan. Semakin tinggi nilai Cpm menunjukkan bahwa output proses itu semakin mendekati nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan, yang berarti pula bahwa tingkat kegagalan dari proses semakin berkurang menuju target tingkat

$$\text{kegagalan nol (zero defect oriented) : } Cpm = \frac{(USL - LSL)}{6\sqrt{(Xbar - T)^2 + S^2}}$$

Bersamaan dengan penggunaan indeks Cpm, juga digunakan indeks Cpmk yang mengukur tingkat pada mana output proses itu berada dalam batas-batas toleransi yang diinginkan pelanggan dengan menggunakan formula :

$$Cpk = \text{minimum} \left[\frac{(X - \bar{X} - LSL)}{3S}; \frac{(USL - X - \bar{X})}{3S} \right]$$

$$Cpmk = \frac{Cpk}{1 + \left\{ \frac{(\bar{X} - T)}{S} \right\}^2}$$

Dan dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*, biasanya dipergunakan kriteria (*rule of thumb*) sebagai berikut untuk Cpm atau Cpmk.

1. Jika $Cpm \geq 2$, maka proses dianggap mampu dan kompetitif (perusahaan berkelas dunia).
2. Jika $1,00 < Cpm < 1,99$; maka proses dianggap cukup mampu namun perlu upaya-upaya peningkatan kualitas menuju target perusahaan berkelas dunia yang memiliki tingkat kegagalan sangat kecil menuju nol (*zero defect oriented*).
3. Jika $Cpm < 1$, maka proses dianggap tidak mampu dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global.

Penentuan kapabilitas proses dapat juga dihitung menggunakan kalkulator *six sigma*, yang dapat diperoleh secara gratis dengan *mendownload website* www.spcwizard.com. Berikut ini adalah cara menghitung nilai kapabilitas proses dengan menggunakan kalkulator *six sigma* :

Pilih ● *variables*

USL = (masukkan nilai USL)

Average = (masukkan nilai rata-rata CTQ dari proses)

LSL = (masukkan nilai LSL)

Standard deviation = (masukkan nilai standar deviasi CTQ dari proses)

Pilih *calculate*

Process Sigma = (dihitung sendiri oleh kalkulator)

2.3 Pengertian *Lean*

Lean adalah suatu upaya terus-menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*). Tujuan *Lean* adalah meningkatkan terus-menerus *customer value* melalui peningkatan terus-menerus rasio antara nilai tambah terhadap waste (*the value-to-waste ratio*).

APICS Dictionary (2005) mendefinisikan *Lean* sebagai suatu filosofi bisnis yang berlandaskan pada minimisasi penggunaan sumber-sumber daya (termasuk waktu) dalam berbagai aktivitas perusahaan. *Lean* berfokus pada identifikasi dan eliminasi aktivitas-aktivitas tidak bernilai tambah (*non-value-adding-activities*) dalam desain, produksi (untuk bidang manufaktur) atau operasi (untuk bidang jasa), dan *supply chain management*, yang berkaitan langsung dengan pelanggan.

Lean dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus-menerus secara radikal dengan cara mengalirkan produk dan informasi menggunakan sistem tarik dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan.

Berikut ini adalah lima prinsip dasar *Lean* yaitu :

1. Mengidentifikasi nilai produk (barang dan/atau jasa) berdasarkan perspektif pelanggan, dimana pelanggan menginginkan produk berkualitas superior, dengan harga yang kompetitif dan penyerahan tepat waktu.

2. Mengidentifikasi *value stream process mapping* (pemetaan proses pada *value stream*) untuk setiap produk.
3. Menghilangkan pemborosan yang tidak bernilai tambah dari semua aktivitas sepanjang proses *value stream* itu.
4. Mengorganisasikan agar material, informasi, dan produk itu mengalir secara lancar dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik.
5. Terus-menerus mencari berbagai teknik dan alat peningkatan untuk mencapai keunggulan dan peningkatan terus menerus.

2.3.1 Pengertian Pemborosan (*Waste*)

Waste dapat didefinisikan sebagai segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi input menjadi output sepanjang *value stream*. Berdasarkan perspektif *Lean*, semua jenis pemborosan yang terdapat sepanjang proses *value stream*, yang mentransformasikan input menjadi output, harus dihilangkan guna meningkatkan nilai produk dan selanjutnya meningkatkan *customer value*. Pada dasarnya dikenal dua kategori utama pemborosan yaitu *Type One Waste* dan *Type Two Waste*.

Type One Waste adalah aktivitas kerja yang tidak menciptakan nilai tambah dalam proses transformasi input menjadi output sepanjang *value stream*, namun aktivitas itu pada saat sekarang tidak dapat dihindarkan karena berbagai alasan. *Type One Waste* ini sering disebut sebagai *Incidental Activity* atau *Incidental Work* yang termasuk ke dalam aktivitas tidak bernilai tambah (*non-value-adding work or activity*).

2.3.2 Identifikasi Pemborosan

Secara umum kita mengenal “*seven plus one*” *type of waste*, yaitu *type waste* menurut *root causes* atau cara mengidentifikasi bentuk-bentuk pemborosan yang dapat dilihat dari akar penyebabnya, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 “*Seven Plus One*” *Type of Waste*

Type	Pemborosan (<i>waste</i>)	Akar penyebab (<i>Root Causes</i>)
1.	<i>Overproduction</i> : memproduksi lebih daripada kebutuhan pelanggan internal dan eksternal, atau memproduksi lebih cepat atau lebih awal daripada waktu kebutuhan pelanggan internal dan eksternal.	Ketiadaan komunikasi, sistem balas jasa dan penghargaan yang tidak tepat, hanya berfokus pada kesibukan kerja, bukan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan internal dan eksternal.
2.	<i>Delays (waiting time)</i> : keterlambatan yang tampak melalui orang-orang yang sedang menunggu mesin, peralatan, bahan baku, <i>supplies</i> , perawatan/pemeliharaan (<i>maintenance</i>), dll; atau mesin-mesin yang sedang menunggu perawatan, orang-orang, bahan baku, peralatan, dll.	Inkonsistensi metode kerja, waktu penggantian produk yang panjang (<i>long changeover times</i>), dll.
3.	<i>Transportations</i> : memindahkan material atau orang dalam jarak yang sangat jauh dari satu proses ke proses berikut yang dapat mengakibatkan waktu penanganan material bertambah.	Tata letak yang jelek, ketiadaan koordinasi dalam proses, <i>poor housekeeping</i> , organisasi tempat kerja yang jelek, lokasi penyimpanan material yang banyak dan saling berjauhan.
4.	<i>Processes</i> : mencakup proses-proses tambahan atau aktivitas kerja yang tidak perlu atau tidak efisien.	Ketidaktepatan penggunaan peralatan, pemeliharaan peralatan yang jelek, gagal mengombinasi operasi-operasi kerja, proses kerja dibuat serial padahal proses-proses itu tidak saling tergantung satu sama lain, yang seharusnya dapat dibuat paralel.

Lanjutan Tabel 2.4

5.	<i>Inventories</i> : pada dasarnya <i>inventories</i> menyembunyikan masalah dan menimbulkan aktivitas penanganan tambahan yang seharusnya tidak diperlukan. <i>Inventories</i> juga mengakibatkan <i>extra paperwork</i> , <i>extra space</i> , dan <i>extra cost</i> .	Peralatan yang tidak andal, aliran kerja yang tidak seimbang, pemasok yang tidak kapabel, peramalan kebutuhan yang tidak akurat, ukuran <i>batch</i> yang besar, <i>long changeover times</i> .
6.	<i>Motions</i> : setiap pergerakan dari orang atau mesin yang tidak menambah nilai kepada barang dan jasa yang akan diserahkan kepada pelanggan, tetapi hanya menambah biaya dan waktu saja.	Organisasi tempat kerja yang jelek, tata letak yang jelek, metode kerja yang tidak konsisten, <i>poor machine design</i> .
7.	<i>Defective Products</i> : <i>scrap</i> , <i>rework</i> , <i>customer returns</i> , <i>customer dissatisfaction</i> .	<i>Incapable processes</i> , <i>insufficient training</i> , ketiadaan prosedur-prosedur operasi standar.
7+1	<i>Defective Design</i> : desain yang tidak memenuhi kebutuhan pelanggan, penambahan fitur yang tidak perlu.	<i>Lack of customer input in design</i> , <i>over-design</i> .

Dalam prespektif lain jenis pemborosan dikelompokkan dalam empat kategori utama, yaitu orang, kuantitas, kualitas, dan informasi seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Pendekatan Untuk Reduksi Pemborosan.

Kategori pemborosan	Jenis pemborosan	Pendekatan reduksi pemborosan	Contoh metode lean sigma	Focus peningkatan
Orang (<i>people</i>)	<i>Processing</i> , <i>motion</i> , <i>waiting</i>	Manajemen tempat kerja	Penetapan standar-standar kerja, pengorganisasian tempat kerja, kaizen, 5S	Tata letak, pemasangan label, <i>tools/parts arrangement</i> , <i>work instructions</i> , efisiensi, <i>take time</i> , <i>skills training</i> , <i>shift meetings</i> , <i>cell/area teams</i> , <i>visual displays</i>

Lanjutan Tabel 2.5

Kuantitas (Quantity)	<i>Inventory, moving things, making too much</i>	<i>Just-in-time (JIT)</i>	<i>Leveling, kanban, Quick setup, preventive maintenance</i>	<i>Work balance, work-in-process (WIP) location/amount, kanban location, kanban types, lot sizes, changeover analysis, preventive maintenance analysis</i>
Kualitas (Quality)	<i>Fixing Defect</i>	<i>Error (mistake), proofing, autonomation</i>	<i>Detection, warning, prediction, prevention, jikoda</i>	<i>Fixture modifications, successive checks, limit switches, check sheets, appropriate automated assistance, templates.</i>
Informasi (Information)	<i>Planning scheduling, execution</i>	Teknologi informasi berfokus proses	<i>Plan, schedule, track, anticipate, optimize</i>	<i>Queue analysis, dynamic scheduling of order/job status by process element, timing/completion.</i>

2.4 Pengertian *Lean Sigma*

Metode *Lean Sigma* adalah salah satu aplikasi ilmu teknik untuk meningkatkan laju perusahaan, di mana kombinasinya dengan *Six Sigma* ditujukan untuk meningkatkan efisiensi dan difokuskan pada persoalan pelanggan selain itu dapat meminimalisasi waktu menunggu proses. Jika *Six Sigma* terfokus pada mengurangi variasi dalam suatu proses, sehingga proses/produk semaksimal mungkin berada dalam batas kontrol, maka *lean process* lebih menitikberatkan pada kecepatan proses.

Tool yang digunakan dalam *Lean Production System* adalah *Value Stream*.



serta membuat *value added* mengalir secara lancar sepanjang *value stream processes*, sedangkan *Six Sigma* akan mereduksi variasi *value added* itu.

2.4.1 Tindakan Untuk Melaksanakan Peningkatan Kualitas *Lean Sigma*

Proses peningkatan kualitas (proses perbaikan kualitas) merupakan komitmen untuk perbaikan yang melibatkan secara seimbang antara aspek manusia (motivasi) dan aspek teknologi (teknik). *Kaizen* adalah suatu istilah dalam bahasa Jepang yang dapat diartikan sebagai perbaikan secara terus-menerus (*continous improvement*). *Kaizen* pada dasarnya merupakan suatu kesatuan pandangan yang komprehensif dan terintegrasi yang bertujuan untuk melaksanakan perbaikan secara terus-menerus.

Dalam melaksanakan *kaizen* kita dapat menggunakan panduan bertanya 5W+2H sebagai berikut :

1. *What?* (apa)?

Apa masalah yang menyebabkan permasalahan kualitas? Untuk mengidentifikasi permasalahan kualitas yang terjadi di tiap proses.

2. *Where?* (dimana)?

Dimana terjadinya permasalahan kualitas tersebut? Untuk mengetahui di bagian proses manakah terjadi masalah kualitas agar lebih mudah dilakukan tindakan perbaikan.

3. *Who?* (siapa)?

Siapa penanggung jawab pada proses tersebut? Untuk mengetahui penanggung jawab pada proses tersebut dan kemudian diberikan pendidikan untuk melakukan perbaikan kualitas.

4. *When?* (kapan)?

Kapan permasalahan kualitas tersebut terjadi? Untuk mengidentifikasi kapan permasalahan kualitas tersebut terjadi sehingga dapat dilakukan tindakan antisipasi.

5. *Why?* (mengapa)?

Kenapa terjadi permasalahan kualitas pada tingkat proses? Untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan kualitas di tingkat proses.

6. *How?* (bagaimana)?

Bagaimana peningkatan kualitas tersebut akan dilaksanakan? Dalam hal ini akan diberikan usulan-usulan perbaikan kualitas pada perusahaan untuk mengatasi permasalahan kualitas tersebut.

7. *How Much?* (berapa biayanya)?

Dalam hal ini akan dilakukan pengukuran biaya produksi dan biaya kualitasnya sehingga diketahui akibat dari kerugian yang ditimbulkan dari permasalahan kualitas tersebut.

2.5 Pemodelan Sistem

2.5.1 Definisi Sistem

Sistem merupakan kesatuan dari elemen-elemen yang terhubung melalui sebuah mekanisme tertentu dan terikat dalam hubungan interdependensi yang mempunyai tujuan bersama. Sistem juga memiliki hubungan yang bersifat umpan balik yang menyebabkan sistem senantiasa bersifat dinamis. Sedangkan lingkungan sistem adalah segala sesuatu yang tidak merupakan bagian dari sistem, tetapi keberadaannya dapat mempengaruhi dan atau dipengaruhi sistem.

2.5.2 Definisi Model

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

2.5.3 Karakteristik Model

Karakteristik model yang baik sebagai ukuran tujuan pemodelan yaitu :

1. Tingkat generalisasi yang tinggi. Semakin tinggi tingkat generalisasi model, maka model tersebut akan dapat memecahkan masalah yang semakin besar.
2. Mekanisme transparansi sehingga model dapat menjelaskan dinamika sistem secara rinci.
3. Potensial untuk dikembangkan sehingga membangkitkan minat peneliti lain untuk menyelidikinya lebih lanjut.
4. Peka terhadap perubahan asumsi. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemodelan tidak pernah selesai (peka terhadap perubahan lingkungan).

2.5.4 Prinsip-Prinsip Pemodelan Sistem

1. Elaborasi. Artinya pengembangan model dilakukan secara bertahap dimulai dari model sederhana hingga diperoleh model yang lebih representatif.
2. Sinektik. Artinya pengembangan model yang dilakukan secara analogis (kesamaan-kesamaan).

3. Iteratif. Artinya pengembangan model yang dilakukan secara berulang-ulang dan peninjauan kembali.

2.6 Pengertian Simulasi Sistem

Simulasi adalah suatu solusi analitis dari sebuah sistem yang digunakan untuk memecahkan berbagai masalah yang digunakan untuk memecahkan atau menguraikan persoalan-persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian ketika solusi matematis tidak memadai, dengan menggunakan model atau metode tertentu untuk melihat sejauh mana input mempengaruhi pengukuran output atas performansi sistem dan lebih ditekankan pada pemakaian komputer untuk mendapatkan solusinya. Menurut Banks (1999), simulasi adalah imitasi dari proses operasi di dunia nyata. Simulasi juga di definisikan sebagai sebuah imitasi sederhana dari sistem operasi di dunia nyata yang bertujuan untuk mengevaluasi sistem tersebut (Goldsman, 2007).

Simulasi mempunyai keunggulan menangkap perubahan dinamis dari proses yang terjadi sehingga dapat mewakili kondisi sebenarnya dari sebuah sistem serta kemampuan menjalankan *what-if scenario* untuk dapat mengetahui pengaruhnya terhadap sistem. Simulasi juga berusaha untuk merepresentasikan sistem amatan dengan presisi yang lebih mudah untuk diamati dibandingkan dengan jenis model yang lain. Dengan simulasi maka dimungkinkan untuk dapat mengamati bagaimana sistem yang direpresentasikan dapat berperilaku, sehingga model simulasi yang baik adalah model yang mampu menyelesaikan karakteristik dan perubahan sistem dari waktu ke waktu. Semakin mampu model simulasi menirukan proses dari sistem, maka semakin baik model tersebut.

2.6.1 Bagian-Bagian Model Simulasi

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

a. Entitas (*entity*)

Kebanyakan simulasi melibatkan ‘pemain’ yang disebut entitas yang bergerak, merubah status, mempengaruhi dan dipengaruhi oleh entitas yang lain serta mempengaruhi hasil pengukuran kinerja sistem. Entitas merupakan obyek yang dinamis dalam simulasi.

b. Atribut (*attribute*)

Setiap entitas memiliki ciri-ciri tertentu yang membedakan antara satu dengan yang lainnya. Karakteristik yang dimiliki oleh setiap entitas disebut dengan atribut. Satu hal yang perlu diingat bahwa nilai atribut mengikat entitas tertentu. Sebuah *part* (entitas) memiliki atribut (*arrival time, due date, priority, dan color*) yang berbeda dengan part yang lain.

c. Variabel (*variable*)

Variabel merupakan potongan informasi yang mencerminkan karakteristik suatu sistem. Variabel berbeda dengan atribut karena dia tidak mengikat suatu entitas melainkan sistem secara keseluruhan sehingga semua entitas dapat mengandung variabel yang sama. Misalnya, panjang antrian, *batch size*, dan sebagainya.

d. Sumber daya (*resource*)

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

e. Antrian (*queue*)

Ketika entitas tidak bergerak (diam) hal ini dimungkinkan karena *resource* menahan (*seize*) suatu entitas sehingga membuat entitas yang lain untuk menunggu. Jika *resource* telah kosong (melepas satu entitas) maka entitas yang lain bergerak kembali dan seterusnya demikian.

f. Kejadian (*event*)

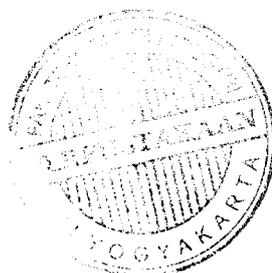
Kejadian adalah sesuatu yang terjadi pada waktu tertentu yang kemungkinan menyebabkan perubahan terhadap atribut atau variabel. Ada tiga kejadian umum dalam simulasi, yaitu *arrival* (kedatangan), *departure* (entitas meninggalkan sistem) dan *the end* (simulasi berhenti).

g. *Simulation Clock*

Nilai sekarang dari waktu dalam simulasi yang dipengaruhi oleh variabel disebut sebagai *Simulation Clock*. Ketika simulasi berjalan dan pada kejadian tertentu waktu dihentikan untuk melihat nilai saat itu maka nilai tersebut adalah nilai simulasi pada saat tersebut.

h. Replikasi

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



2.6.2 Langkah-langkah Simulasi

Dalam melakukan suatu penelitian atau kajian tidak dapat dilakukan secara sembarangan. Artinya diperlukan suatu langkah-langkah atau metodologi yang terstruktur dan terkendali sehingga kesimpulan yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan. Begitu pula dalam melakukan studi simulasi terdapat metodologi umum yang digunakan yaitu sebagai berikut :

1. Formulasi masalah

Setiap studi selalu dimulai dengan suatu pernyataan yang jelas tentang tujuan yang hendak dicapai. Secara keseluruhan harus direncanakan pula variabel-variabel yang terdapat dalam sistem obyek.

2. Pengumpulan data

Informasi dan data sebaiknya dikumpulkan secara terpusat dan digunakan untuk melakukan spesifikasi prosedur operasi dan distribusi probabilitas untuk variabel random yang terdapat dalam model. Data yang dikumpulkan meliputi :

- a. Data waktu proses.
- b. Data penjadwalan bahan baku dan penjadwalan tenaga kerja.
- c. Data lain yang berhubungan dengan sistem nyata.

3. Pembuatan program komputer dan verifikasi

Pemodel harus menentukan program apakah yang akan digunakan untuk menguji dan menjalankan model. Selama melakukan translasi model ke dalam program yang dipilih, dilakukan verifikasi model terhadap sistem nyata apakah bentuk fisik model sudah seperti sistem nyatanya.

4. Jalankan program

Dengan bantuan *software* simulasi model yang telah dibuat dijalankan (*run*) untuk melihat hasilnya.

5. Validasi

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

6. Mendesain model eksperimen

Jika program simulasi sudah dinyatakan *valid* maka pemodel dapat melakukan berbagai eksperimen terhadap program/model tersebut sesuai dengan penelitiannya.

7. Menjalankan model eksperimen

Model skenario yang telah dibuat dijalankan untuk dilihat performa sistem yang dihasilkan.

8. Analisa data output

Teknik-teknik statistik digunakan untuk melakukan analisa data yang dihasilkan. Dengan mengukur selang kepercayaan dan performansi yang berbeda-beda untuk setiap desain, maka dapat diketahui mana model simulasi terbaik sesuai tujuan yang hendak dicapai.

9. Implementasi

2.6.3 Keuntungan Simulasi

1. Fleksibel.
2. Menghemat waktu (*compress time*). Kemampuan dari menghemat waktu ini dapat dilihat dari pekerjaan yang bila dikerjakan akan memakan waktu tahunan tetapi

kemudian dapat disimulasikan hanya dalam beberapa menit, bahkan dalam beberapa kasus hanya dalam hitungan detik.

3. Dapat melebar-luaskan waktu (*expand time*). Hal ini terlihat terutama dalam dunia statistik dimana hasilnya diinginkan tersaji dengan cepat. Simulasi dapat digunakan untuk menunjukkan perubahan struktur dari suatu sistem nyata (*Real System*) yang sebenarnya tidak dapat diteliti pada waktu yang seharusnya (*Real Time*). Dengan demikian simulasi dapat membantu memprediksi *response* dari *Real System* hanya dengan mengubah data parameter sistem.
4. Dapat mengawasi sumber-sumber yang bervariasi (*control sources of variation*). Kemampuan pengawasan dalam simulasi ini tampak terutama apabila analisis statistik digunakan untuk meninjau hubungan antara variabel bebas (*independent*) dengan variabel terkait (*dependent*) yang merupakan faktor-faktor yang akan dibentuk dalam percobaan.
5. Mengkoreksi kesalahan-kesalahan penghitungan (*error in measurement correction*). Dalam prakteknya, pada suatu kegiatan ataupun percobaan dapat saja muncul ketidak-benaran dalam mencatat hasil-hasilnya. Sebaliknya dalam simulasi komputer jarang ditemukan kesalahan perhitungan terutama bila angka-angka diambil dari komputer secara teratur dan bebas. Komputer mempunyai kemampuan untuk melakukan penghitungan dengan akurat.
6. Dapat dihentikan dan dijalankan kembali (*stop simulation and restart*). Simulasi komputer dapat dihentikan untuk kepentingan peninjauan ataupun pencatatan semua keadaan yang relevan tanpa berakibat buruk terhadap program simulasi tersebut. Dalam dunia nyata, percobaan tidak dapat dihentikan begitu saja. Dalam simulasi komputer, setelah dilakukan penghentian maka kemudian dapat dengan cepat dijalankan kembali (*restart*).

7. Mudah diperbanyak (*easy to replicate*). Dengan simulasi komputer percobaan dapat dilakukan setiap saat dan dapat diulang-ulang. Pengulangan dilakukan terutama untuk mengubah berbagai komponen dan variabelnya, seperti dengan perubahan pada parameternya, perubahan pada kondisi operasinya, ataupun dengan memperbanyak output.
8. Tidak bertentangan dengan sistem nyata.
9. Dapat solusi analitis yang menjawab pertanyaan *what-if*.

2.6.4 Kerugian Simulasi

- a. Memerlukan masukan managerial yang baik.
- b. Tidak menghasilkan langsung solusi yang optimal.
- c. Tidak *immune* terhadap GIGO (*Garbage In Garbage Out*). Artinya apabila kita memasukkan data yang salah, maka kita akan mendapatkan output simulasi yang salah juga. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi tergantung dari input yang kita masukkan.

2.6.5 Distribusi Data

Suatu cara yang cepat untuk memeriksa apakah sekumpulan data tertentu sesuai dengan distribusi teoritis tertentu adalah membandingkan secara grafis empiris kumulatif dengan fungsi kepadatan kumulatif yang bersesuaian dari distribusi teoritis yang bersangkutan. Jika kedua fungsi tersebut tidak memperlihatkan deviasi yang berlebihan, kemungkinan besar distribusi teoritis itu sesuai dengan sekumpulan data tersebut.

Gagasan untuk membandingkan distribusi empiris dan distribusi teoritis di atas merupakan dasar untuk uji *goodness-of-fit Kolmogorov Smirnov*. Uji ini dapat

diterapkan untuk variabel random *kontinyu*, jika tes ini digunakan untuk data yang *diskrit test*, maka uji ini masih dapat dipakai hanya saja hasilnya lebih konservatif, kemungkinan kesalahan tipe II akan sedikit lebih besar.

Uji lain yang berlaku baik untuk variabel random *diskrit* maupun *kontinyu* adalah uji *chi-square*. Berbeda dengan uji *Kolmogorof-Smirnov* yang didasari oleh perbandingan fungsi kepadatan probabilitas. Jika suatu ruang sampel mengandung titik yang terhingga banyaknya atau suatu deretan anggota banyaknya sama dengan banyaknya bilangan bulat, maka ruang sampel tersebut disebut ruang sampel *diskrit*, dan variabel random yang didefinisikan pada ruang sampel tersebut adalah variabel random *diskrit*. Distribusi dari variabel random *diskrit* adalah sebuah grafik, tabel atau rumus yang menyatakan suatu probabilitas yang berhubungan dengan tiap nilai yang mungkin dari variabel random *diskrit*.

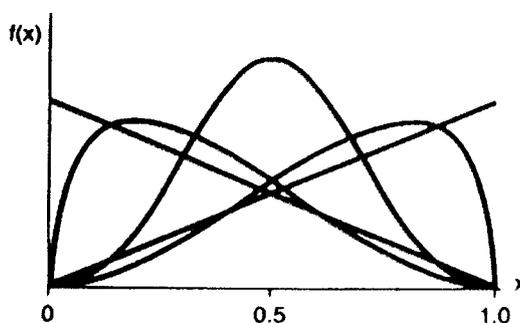
Fungsi $f(x)$ adalah suatu fungsi probabilitas atau distribusi probabilitas suatu variabel random *diskrit* X bila, untuk setiap hasil x yang mungkin memenuhi :

$$\sum f(x) = 1$$

$$F(x) \geq 0$$

Probabilitas $f(x)$ dinyatakan oleh : $F(x) = P(X=x) = 1$

1. Distribusi *Beta*



Gambar 2.7 Distribusi *Beta*

$$f(x) = \frac{x^{\beta-1}(1-x)^{\alpha-1}}{B(\beta, \alpha)} \quad \text{for } 0 < x < 1$$

Dimana :

B adalah keseluruhan fungsi *beta* diberikan oleh :

$$B(\beta, \alpha) = \int_0^1 t^{\beta-1}(1-t)^{\alpha-1} dt$$

Parameter = Bentuk parameter *beta* (β) dan *alpha* (α) spesifikasinya dengan bilangan bulat positif

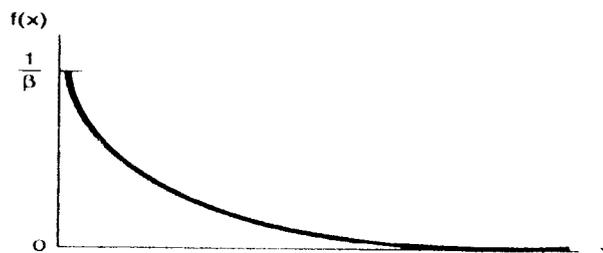
Range = (0,1) dapat juga ditransformasikan sampai [a,b]

$$\text{Rata-rata} = \frac{\beta}{\beta + \alpha}$$

$$\text{Varians} = \frac{\beta\alpha}{(\beta + \alpha)^2((\beta + \alpha) + 1)}$$

Aplikasi = Oleh karena kemampuannya untuk menerima suatu bentuk yang luas, distribusi ini sering digunakan untuk membuat suatu konsep dasar model ketidakhadiran dari data. Karena cakupan dari distribusi *beta* adalah dari 0 sampai 1, contoh x dapat diubah ke y yang berskala *beta* dengan cakupan a sampai b dengan menggunakan persamaan $Y = a + (b-a)X$. *Beta* sering digunakan untuk menghadirkan bilangan random, seperti proporsi dari materi cacat *brown bundle*.

2. Distribusi Eksponensial



Gambar 2.8 Distribusi Eksponensial

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta} \quad \text{for } x > 0$$

Parameter = rata-rata (β) spesifikasinya dengan bilangan bulat positif

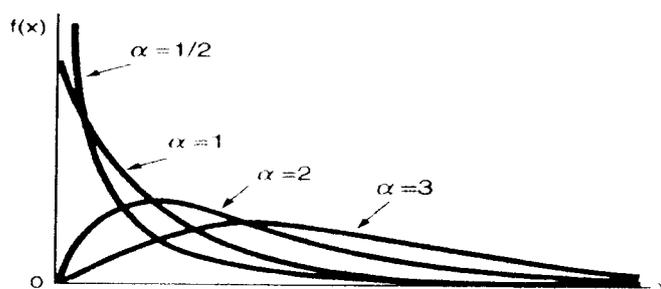
Range = $(0, +\infty)$

Rata-rata = β

Varians = β^2

Aplikasi = Distribusi ini sering digunakan untuk model waktu *interevent* dalam proses gangguan dan kedatangan yang random, tetapi secara umum hal tersebut tidak sesuai untuk memperagakan waktu proses penundaan.

3. Distribusi *Gamma*



Gambar 2.9 Distribusi *Gamma*

$$f(x) = \frac{\beta^{-\alpha} X^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\Gamma(\alpha)} \quad \text{for } x > 0$$

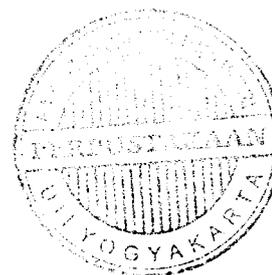
Dimana:

Γ adalah keseluruhan fungsi *gamma* diberikan oleh:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt$$

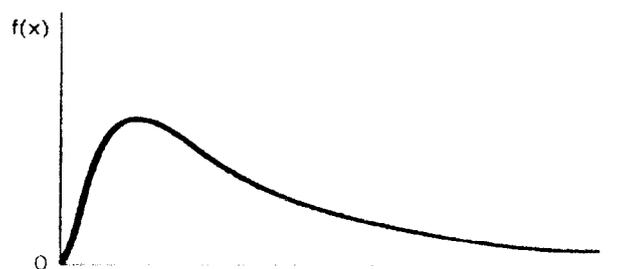
Parameter = Nilai (α) dan ukuran skala (β) spesifikasinya dengan bilangan bulat positif

Range = $(0, +\infty)$



- Rata-rata = $\alpha\beta$
- Varians = $\alpha\beta^2$
- Aplikasi = Untuk bilangan bulat bentuk parameter, *gamma* adalah sama dengan distribusi *erlang*. *Gamma* sering digunakan untuk menghadirkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas/kasus (contoh: waktu kerja mesin atau waktu perbaikan mesin).

4. Distribusi Log Normal



Gambar 2.10 Distribusi Log Normal

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{for } x > 0$$

- Parameter = skala parameter (μ) spesifikasinya bilangan bulat dan parameter (σ) spesifikasinya dengan bilangan bulat positif

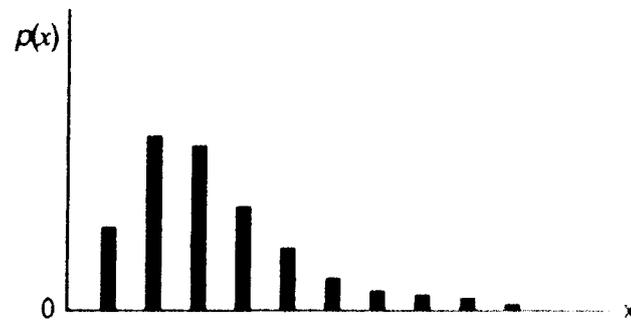
Range = $(0, +\infty)$

Rata-rata = $e^{\mu + \sigma^2/2}$

Varians = $e^{\mu + \sigma^2/2} (e^{\sigma^2} - 1)$

- Aplikasi = Distribusi Log Normal digunakan dalam situasi dimana bilangan suatu produk dalam jumlah besar pada kuantitas random. Distribusi ini juga sering digunakan untuk menghadirkan waktu tugas yang mempunyai distribusi *skewed* di sebelah kanan. Distribusi ini dihubungkan dengan distribusi normal; Jika X mempunyai distribusi Log Normal (μ, σ), maka $\ln X$ mempunyai distribusi Normal (μ, σ).

6. Distribusi *Poisson*



Gambar 2.12 Distribusi *Poisson*

$$P(x) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{X!} \text{ untuk } x \in (0, 1, \dots)$$

Parameter = rata-rata (λ) spesifikasinya dengan bilangan bulat positif

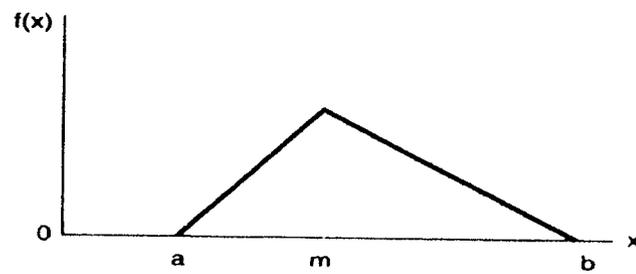
Range = (0, 1, ...)

Rata-rata = λ

Varians = λ

Aplikasi = Distribusi *Poisson* adalah suatu distribusi diskrit yang sering digunakan untuk beberapa model pada bilangan random yang terjadi di interval waktu yang tetap, perbaikan waktu interval. Jika waktu antara peristiwa yang berurutan adalah bersifat distribusi eksponensial maka banyaknya peristiwa yang terjadi pada waktu interval yang tetap mempunyai suatu distribusi *Poisson*. Distribusi *poisson* juga digunakan untuk ukuran *batch* model yang random.

7. Distribusi *Triangular*



Gambar 2.13 Distribusi *Triangular*

$$f(x) = \frac{2(x-a)}{(m-a)(b-a)} \text{ for } a \leq x \leq m$$

$$f(x) = \frac{2(b-x)}{(b-m)(b-a)} \text{ for } m \leq x \leq b$$

Parameter = minimum (a) mode (m) dan maximum (b) nilai untuk distribusi spesifikasinya dengan bilangan bulat positif untuk $a < m < b$

Range = (a, b)

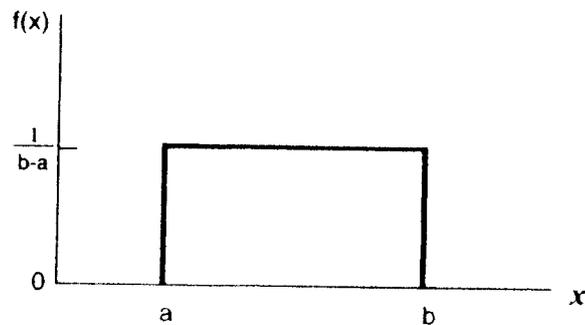
Rata-rata = $(a+m+b)/3$

Varians = $(a^2+m^2-ma-ab-mb)/18$

Aplikasi = Distribusi *triangular* biasa digunakan dalam situasi dimana formula yang tepat dari distribusi tidak diketahui, tetapi menaksir (terkaan) untuk nilai-nilai minimum, maksimum, dan nilai-nilai yang bisa dipastikan sudah tersedia. Distribusi *triangular* adalah lebih mudah untuk digunakan dan dijelaskan dibanding dengan distribusi yang lain, yang mungkin digunakan dalam situasi ini (distribusi *beta*).



8. Distribusi Seragam



Gambar 2.14 Distribusi Seragam

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \text{ for } a \leq x \leq b$$

Parameter = minimum (a) mode (m) dan maximum (b) nilai untuk distribusi spesifikasinya dengan bilangan bulat positif untuk $a < b$

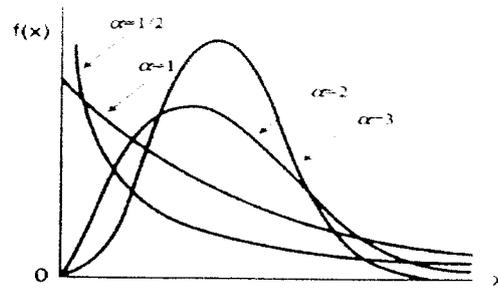
Range = (a, b)

Rata-rata = $(a+b)/2$

Varians = $(b-a)^2/12$

Aplikasi = Distribusi seragam digunakan ketika semua nilai-nilai di atas suatu cakupan yang terbatas dianggap sama. Distribusi ini kadang-kadang digunakan ketika tidak ada informasi selain dari cakupan yang tersedia. Distribusi seragam mempunyai suatu perbedaan yang lebih besar dibanding distribusi lain yang digunakan ketika kekurangan informasi (seperti distribusi *triangular*).

9. Distribusi *Weibull*



Gambar 2.15 Distribusi *Weibull*

$$f(x) = \alpha \beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)^\alpha} \quad \text{for } x > 0$$

Parameter = parameter dari (α) dan skala parameter (β) spesifikasinya dengan bilangan bulat positif.

Range = $(0, +\infty)$

Rata-rata = $\frac{\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)$ dimana Γ adalah keseluruhan fungsi gamma (lihat distribusi gamma)

Varians = $\frac{\beta^2}{\alpha} \left\{ 2\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \frac{1}{\alpha} \left[\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) \right]^2 \right\}$

Aplikasi = Distribusi *Weibull* secara luas digunakan dalam menangani masalah seperti keandalan dan uji umur. Jika suatu sistem terdiri dari banyaknya bagian yang cacat dan jika sistem gagal dimana suatu bagian cacat, maka waktu antara kegagalan yang berurutan dapat didekati oleh distribusi *Weibull*. Distribusi ini juga digunakan untuk menghadirkan waktu tugas non-negatif yang *skewed* disebelah kiri.

statisik.

2.6.6.1 Teknik Validasi

Untuk melakukan validasi model apakah sesuai dengan sistem nyatanya dapat dilakukan dengan :

1. Uji kesamaan dua variansi

Uji kesamaan dua variansi adalah pengujian apakah kedua data mempunyai variansi yang sama. Rumus yang dipakai adalah:

$$F = \frac{\text{Variansi Terbesar}}{\text{Variansi Terkecil}}$$

Dengan hipotesis uji

H_0 : Variansi output sistem sama besar dengan variansi output model

H_1 : Variansi output sistem tidak sama besar dengan variansi output model

Level of significance = α

Daerah krisis : H_0 diterima jika $F_{\text{tabel}} > F_{\text{hitung}}$

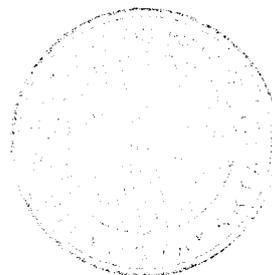
2. Uji kesamaan dua rata-rata

Uji kesamaan dua rata-rata adalah menguji apakah kedua data mempunyai rata-rata yang sama. Rumus yang dipakai untuk menguji hipotesis kesamaan dua rata-rata adalah:

$$T_{\text{hit}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

dengan

$$S_p = \frac{(n_1 - 1)v_1^2 + (n_2 - 1)v_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$



Dimana : X_1 = rata-rata output sistem

X_2 = rata-rata output model

v_1^2 = variansi output sistem

v_2^2 = variansi output model

n_1 = jumlah output sistem

n_2 = jumlah output model

Hipotesis ujinya :

Ho : Rata-rata output sistem sama besar dengan rata-rata output model

Hi : Rata-rata output sistem tidak sama besar dengan rata-rata output model

Daerah kritisnya : Ho diterima jika $-t_{\alpha/2} < t < t_{\alpha/2}$

2.6.7 Analisa Output Hasil Simulasi

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

Sebuah pilihan pendekatan, untuk menentukan metode analisis yang tepat dari suatu model simulasi adalah dengan menilai tipe simulasi yang ada. Berkenaan dengan metode analisis, maka simulasi dibedakan menjadi dua jenis yaitu *terminating*

simulation dan *non-terminating simulation*. Perbedaan antara kedua jenis tipe tersebut adalah ketergantungannya pada kejelasan untuk menghentikan proses simulasi.

2.6.7.1. Terminating Simulation

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

2.6.7.2. Non Terminating Simulation

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

Pada kondisi *non terminating* penghentian simulasi tidak didasarkan pada jam kerja sebagai mana pada sistem antrian, akan tetapi karena sistem pada dasarnya

berjalan sepanjang waktu hanya dipotong oleh waktu istirahat tanpa ada inisialisasi baru.

2.7 Simulasi *Software ProModel*

ProModel merupakan suatu alat bantu simulasi dan analisis untuk sebuah tipe dan jenis sistem produksi yang berbasis *window*. ProModel memiliki kombinasi sempurna antara kemudahan dalam penggunaan, fleksibilitas yang lengkap, kemudahan memodelkan untuk setiap keadaan dan kemampuan membuat animasi yang realistis, sehingga semakin menjadi nyata.

ProModel membantu para pelaku industri untuk mencoba ide-ide baru yang mereka miliki dalam merancang dan meningkatkan sistem sebelum menentukan waktu dan sumber daya yang diperlukan untuk membangun atau mengubah sistem nyata. ProModel menfokuskan pada masalah-masalah seperti utilisasi sumber daya, kapasitas produksi, tingkat produktivitas, dan tingkat persediaan. Dengan memodelkan unsur penting dari sistem produksi, kita dapat melakukan percobaan dengan strategi dan rancangan operasi yang berbeda untuk mencapai hasil terbaik.

Elemen-elemen dalam ProModel adalah sebagai berikut :

1. *Location*

Merupakan suatu tempat dalam sistem yang tidak bergerak dimana entity akan menjalani proses, sebagai tempat penyimpanan atau tempat aktivitas lainnya.

2. *Entities*

Adalah segala sesuatu yang menjadi objek dari suatu proses. Termasuk di dalamnya orang, dokumen, bahan baku, dll. Masing-masing entitas mempunyai nama dan dapat direpresentasikan dengan satu atau lebih grafik.



3. *Arrivals*

Menyatakan kedatangan *entity* dari luar ke dalam sistem yang diamati untuk pertama kalinya.

4. *Processing*

Merupakan segala proses yang terjadi di dalam sistem dan dilakukan pada lokasi dan antar lokasi. Proses merupakan kegiatan pengolahan input yang dilakukan oleh setiap mesin sehingga menghasilkan output tertentu.

5. *Resources*

Adalah orang atau pekerja, peralatan dan alat pemindah material yang lain.

6. *Path Network*

Merupakan lintasan dimana *resource* bergerak di sepanjang lintasan yang dibuat. Arah lintasan bisa satu arah atau dua arah dan bisa dibuat berdasarkan faktor jarak atau waktu.

BAB III

METODE PENELITIAN

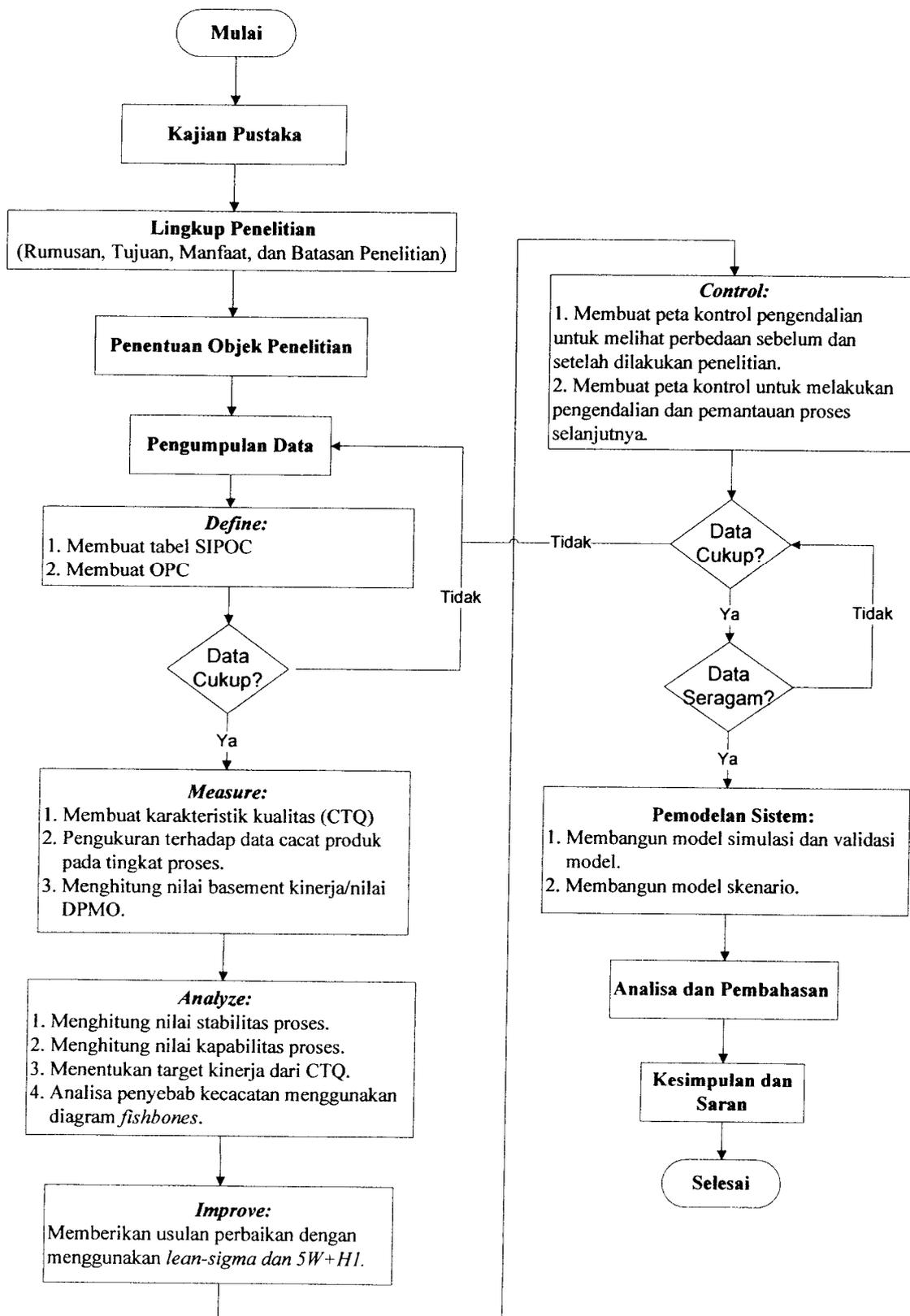
3.1 Pendahuluan

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

3.2 Kajian Pustaka

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

Adapun langkah-langkah penelitian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian

3.3 Lingkup Penelitian

Pada tahapan ini akan dilakukan penentuan lingkup dari penelitian yang akan dilakukan. Diantaranya adalah penentuan latar belakang penelitian, tujuan dari penelitian, manfaat yang akan didapatkan dari penelitian dan penentuan masalah-masalah yang akan dijadikan batasan dalam penelitian ini.

3.4 Penentuan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Indonesia Toray Synthetics, Tangerang. Sedangkan yang menjadi objek penelitian ini adalah proses produksi di Divisi *Spinning*, Departemen *Nylon Filament Yarn*.

3.5 Pengumpulan Data

Berdasarkan jenisnya maka data yang diperlukan ada dua macam yaitu data kuantitatif dan data kualitatif. Sedangkan berdasarkan sumbernya maka data yang diperlukan adalah data primer dan sekunder :

1. Data primer

Yaitu data yang diperoleh langsung melalui pengamatan dan pencatatan langsung di perusahaan, yakni mengenai pengawasan banyaknya tingkat produk cacat dalam proses produksi.

a. Observasi

Penulis melihat secara langsung proses produksi yang dilakukan oleh perusahaan yang bersangkutan.



b. *Interview*

Pengumpulan data dengan cara tanya jawab sepihak atau wawancara secara langsung dengan pimpinan perusahaan atau petugas yang ditunjuk oleh perusahaan untuk melengkapi data-data mengenai proses produksi.

2. Data sekunder

Merupakan data yang diperoleh melalui referensi tertentu atau literatur-literatur mengenai data-data produksi. Dengan melakukan penelitian kepustakaan yaitu memperoleh data melalui buku-buku literatur, diktat, dll.

Adapun data yang telah dikumpulkan adalah sebagai berikut :

1. Data umum perusahaan

Data umum perusahaan adalah data-data yang berkaitan dengan informasi-informasi umum perusahaan tempat penelitian dilakukan seperti sejarah umum perusahaan, visi dan misi serta struktur organisasi perusahaan.

2. Peta proses operasi

Peta proses operasi merupakan data mengenai setiap aliran proses dalam perusahaan yang tersusun secara sistematis dan terstruktur.

3. Data variabel

Berisi data pengukuran variabel serta batas spesifikasi masing-masing variabel.

4. Data atribut

Berisi data produk cacat dari setiap proses serta jenis cacat yang terjadi pada proses tersebut.

5. Data *value stream* proses (untuk data *non-value-added*)

6. Data penyebab banyaknya jumlah produk cacat/rendahnya kapabilitas proses.

Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan dan juga *interview*.

7. Data biaya produksi dan harga jual produk.

3.6 Pengolahan Data

Analisis dalam penelitian ini dapat dilakukan secara kualitatif, yaitu mengamati objek secara langsung dan dapat mengetahui apakah produk yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Oleh karena itu alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Tabel SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*)
- b. Diagram pareto.
- c. Peta kendali.
- d. Tingkat *sigma*.
- e. Kapabilitas proses.
- f. Diagram sebab-akibat (*fishbone*).
- g. Metode *Lean Sigma*.
- h. Simulasi.

Adapun formulasi yang akan digunakan sebagai berikut :

1. Prosentase cacat (%) = $\frac{\sum cacat}{\sum produk} \times 100\%$
2. Proporsi (p) = $\frac{barangcacat}{produksi}$
3. Uji kecukupan data dan keseragaman data

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

jika $N' < N$ maka data telah mencukupi.

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$SD = \frac{\sqrt{\sum (Xi - \bar{X})^2}}{n-1}$$

$$UCL = \bar{X} + k.SD$$

$$LCL = \bar{X} - k.SD$$

Jika persebaran data masih berada dalam UCL dan LCL maka data seragam.

4. Analisis model data atribut

Menggunakan peta kendali atribut np

Peta Kendali np

$$CL \bar{np} = \frac{\text{totalcacat}}{\text{banyaknyapengambilansampel}}$$

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

5. Analisis model data variabel

Menggunakan peta kendali variabel \bar{X} dan R

Peta kendali \bar{X}

$$CL = \bar{X}$$

$$UCL_x = \bar{X} + A_2\bar{R}$$

$$LCL_x = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

Peta kendali R

$$CL = \bar{R}$$

$$UCL = \bar{R}D_4$$

$$LCL = \bar{R}D_3$$

6. Menentukan nilai DPMO dan tingkat *sigma*

Menentukan nilai DPMO dan tingkat *sigma* untuk data atribut dan data variabel.

Untuk data atribut

Rumus perhitungan DPMO satu atribut :

$$= \left\{ \frac{\sum Output_cacat}{\sum Output_diperiksa \times CTQ_Potensial} \right\} \times 1.000.000$$

Untuk data variabel

a. Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL dengan rumus :

$$P \left[Z \geq \left(\frac{USL - X - bar}{S} \right) \right] \times 1.000.000$$

b. Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL dengan rumus :

$$P \left[Z \geq \left(\frac{LSL - X - bar}{S} \right) \right] \times 1.000.000$$

Sehingga DPMO diperoleh dengan $P(z > BPA) \times 1.000.000 + P(z < BPB) \times 1.000.000$ yang kemudian hasilnya dikonversikan kedalam nilai *sigma* dengan bantuan tabel.

7. Menentukan kapabilitas proses

Menghitung kapabilitas proses dengan menggunakan rumus :

$$Cpm = (USL - LSL) / \left\{ 6 \sqrt{(x - bar - T)^2 + S^2} \right\}$$

$$Cpk = \text{minimum} \left[(X - bar - LSL) / 3S; (USL - X - bar) / 3S \right]$$

$$Cpmk = Cpk / \sqrt{1 + \left\{ (X - bar - T) / S \right\}^2}$$

8. Membangun model simulasi dan validasi

9. Membuat model skenario



3.7 Pembahasan

Pada tahapan ini akan dilakukan beberapa pembahasan dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Diantara pembahasan yang akan dilakukan adalah :

1. Analisis DMAIC

Dalam hal ini akan dilakukan pembahasan mengenai kualitas proses yang telah didapatkan pada proses pengolahan data.

2. Implementasi konsep *lean sigma*

Dalam proses ini akan dilakukan implementasi konsep *lean sigma* untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *non value added activity* dan memaksimalkan *value added activity*.

3. Membangun model simulasi dan validasi

Simulasi dengan menggunakan *software* Promodel diawali dengan memasukkan data-data yang telah didapat dari rantai produksi. Setelah di jalankan didapat informasi dari report simulasi yang akan digunakan dalam proses validasi.

4. Membuat model skenario

Pada tahap ini akan dibahas mengenai informasi yang didapat setelah model skenario dijalankan

3.8 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan terhadap kasus yang diselesaikan pada tahap akhir dalam penelitian ini setelah dilakukan analisa terhadap kasus yang dipecahkan. Penarikan kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan penelitian yang sudah ditetapkan.

Saran-saran juga dikemukakan untuk memberikan masukan mengenai penyelesaian kasus yang dihadapi pada sistem yang diteliti.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

Toray merupakan sebuah perusahaan yang sangat besar di Jepang yang bergerak dalam berbagai bidang, salah satu diantaranya adalah industri tekstil yang merupakan cikal bakal dari Toray Industri.

Nama Toray berasal dari *Toyo* yaitu nama Perusahaan *Rayon* yang merupakan produk awal dari perusahaan tersebut, dari keduanya digabung maka kemudian dikenal dengan nama *Toray*. Pada saat ini, Toray telah memperluas usahanya di berbagai negara seperti Indonesia, Malaysia, Singapura, Thailand, China, Vietnam, dan juga USA.

Toray menanamkan modalnya di Indonesia dengan mendirikan anak perusahaan. Anak perusahaan di Indonesia umumnya bergerak dalam bidang serat sintetis dan tekstil, misalnya di Tangerang, PT. ITS, PT. ISTEM, PT. ACTEM, PT. OST, PT. PNR. Selain di Tangerang, juga mendirikan di daerah-daerah lain seperti di Purwakarta, PT. TEXTFIBRE (Cibinong), PT. CENTEX (Surabaya), PT. EASTERNEX dan di Jakarta, PT. JABATO (Jakarta Bali Tour) bergerak dalam bidang jasa transportasi untuk melayani orang-orang Jepang.

PT. ITS (Indonesia Toray Synthetics) didirikan pada tanggal 11 Oktober 1971 oleh Toyo Rayon Co. Ltd, PT. Poleko Trading Coy Indonesia dan Mitsui Ltd. Japan dengan bentuk perusahaannya adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan bentuk permodalan merupakan bentuk Penanaman Modal Asing (PMA) berdasarkan UU No. 1 Tahun 1967 tentang Penanaman Modal Asing (PMA) yang telah dibuat oleh

pemerintah. Modal awal yang dipakai adalah sebesar 54,8 Milion US \$ dengan kepemilikan saham terdiri dari Toray Industries Inc. (65%), Mitsui dan Co. Ltd (19,9%), PT. EASTERNEX (14,6%). Kemudian PT. ITS baru mulai memproduksi pada 15 Agustus 1973, dengan produksi awal berupa *Nylon Filament Yarn* dan *Polyester Staple Fibre* sebesar 184 ton/bulan. Kemudian pada 1 November 1974 mengalami peningkatan, untuk *Nylon Filament Yarn* menjadi 610 ton/bulan dan *Poylester Staple Fibre* 1220 ton/bulan.

Walaupun sudah beroperasi sejak tahun 1971, namun PT. ITS baru diresmikan oleh Bapak Presiden Soeharto pada tanggal 4 Agustus 1976, peresmian ini dilakukan setelah 5 (lima) tahun didirikan dan melakukan kegiatan produksi.

Untuk memudahkan kegiatan operasional, PT ITS mendirikan kantor pusat di Summitmas Tower lantai 3 no. 61 – 62 Jalan Jendral Sudirman, Jakarta. Baik dikantor pusat Jakarta maupun di pabrik Tangerang dipimpin oleh Presiden Direktur, tetapi di dalam segi operasional produksi pabrik dipimpin oleh Kepala Pabrik.

Dan pada bulan Juli 2004 karyawan dan kegiatan kantor pusat dialihkan ke Tangerang, menjadi satu lokasi dengan kegiatan pabrik.

4.1.2 Misi dan Tujuan Perusahaan

Sebagai perusahaan yang memelopori produksi benang dan serat sintetis (*Synthetic Fibre*), PT. ITS merupakan perusahaan pioner untuk hasil produksinya, dalam rangka mengisi pembangunan lima tahun pemerintah Indonesia. Dengan berdirinya dan berproduksinya pabrik tersebut maka kebutuhan benang nylon (*Nylon Filament Yarn*), serat polyester (*Polyester Staple Fiber*), dan benang polyester (*Polyester Filament Yarn*) yang semula biasanya di impor dari luar negeri maka secara

berangsur-angsur pembelian dari luar negeri dapat dikurangi. Sehingga hasil produksi pabrik ini merupakan penghematan devisa bagi negara Indonesia.

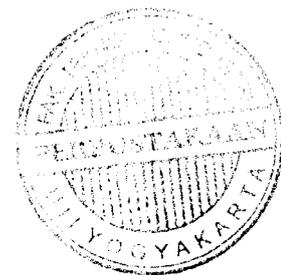
Sebagaimana diketahui bahwa untuk masa sekarang, produksi serat alam mengalami kendala yang besar dikarenakan adanya ketergantungan iklim, di mana untuk menghasilkan serat alam yang baik diperlukan kondisi iklim tertentu dan membutuhkan media pengembangbiakan area pertanian yang luas, dengan adanya kendala tersebut maka kebutuhan bahan baku tekstil baik kualitas maupun kuantitas jelas sulit untuk terpenuhi.

PT. ITS dalam hal ini berusaha memenuhi kekurangan kebutuhan bahan tekstil, khususnya kebutuhan dalam negeri dan umumnya di luar negeri. Disamping untuk membuka lapangan kerja baru, sehingga dapat mengurangi masalah pengangguran yang menjadi masalah terbesar di Indonesia, ini merupakan kebanggaan bagi perusahaan yang telah dapat memberikan sahamnya dalam rangka pembangunan Indonesia dan ikut serta dalam usaha-usaha pemerintah melaksanakan delapan jalur pemerataan bagi kemajuan ekonomi dan kesejahteraan rakyat serta negara Indonesia.

• 4.1.3 Unit – Unit Produksi

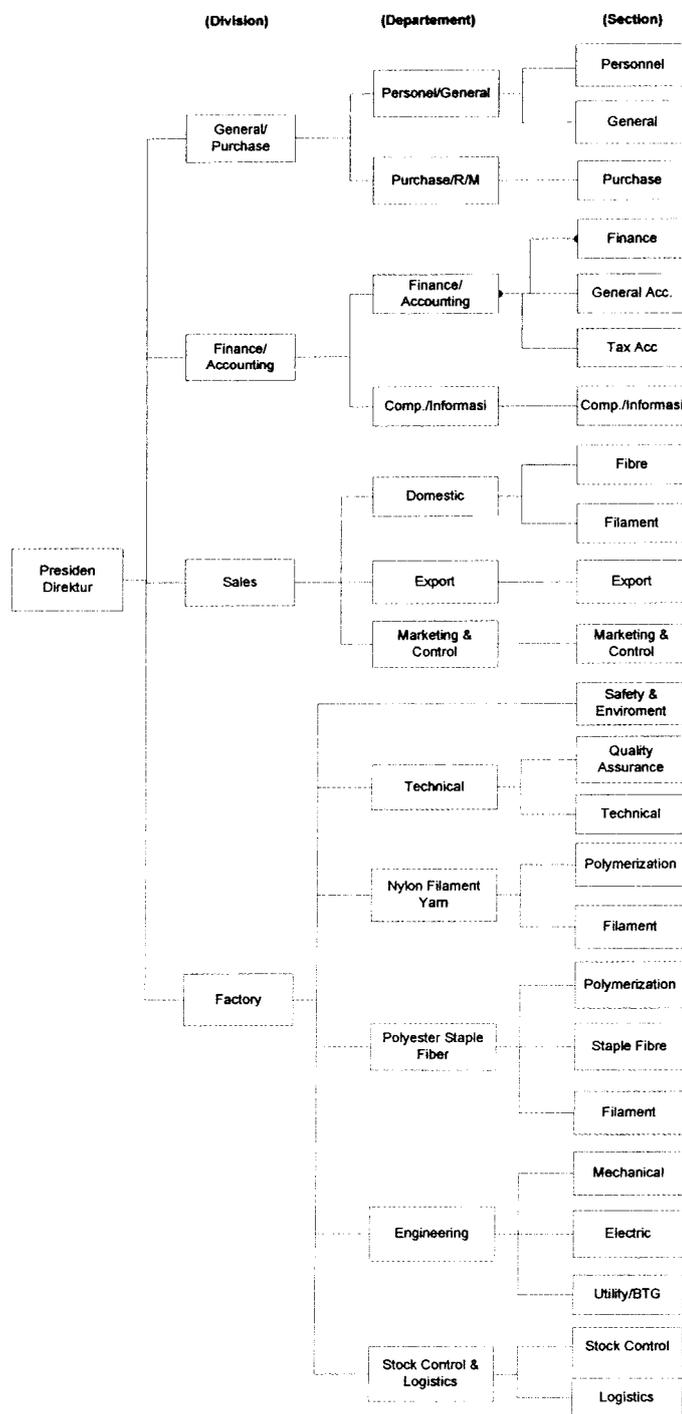
PT. ITS ini memiliki 3 unit produksi, yaitu :

1. Unit Produksi *Nylon Filament Yarn* (NFY).
2. Unit Produksi *Polyester Staple Fiber* (PSF).
3. Unit Produksi *Polyester Filament Yarn* (PFY).



Penelitian yang dilakukan merupakan bagian dari unit produksi *Nylon Filament Yarn* (NFY) yaitu divisi *Spinning OSP (One Stop Proccess)*.

4.1.4 Struktur Organisasi PT. ITS



Gambar 4.1 Struktur organisasi PT. ITS

4.1.5 Tenaga Kerja

Setiap perusahaan tidak luput dari masalah ketenagakerjaan. Masalah personalia ini merupakan masalah yang cukup penting dalam perusahaan. Oleh karena itu perusahaan berusaha mengkoordinir karyawannya dengan sebaik-baiknya. Apalagi unit produksi NFY merupakan sistem produksi *continues* yang beroperasi 24 jam. Sistem produksi *continues* ini menyebabkan divisi *Spinning* OSP mempekerjakan tenaga kerja dengan 4 shift.

Adapun pembagian jam kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Shift A : pukul 06.00 – 14.00
2. Shift B : pukul 14.00 – 22.00
3. Shift C : pukul 22.00 – 06.00

Shift D digunakan untuk rotasi, sedangkan waktu istirahat tiap shift adalah 60 menit. Jumlah tenaga kerjanya di setiap shift sama yaitu 2 orang.

4.1.6 Data Produk yang Dihasilkan

Pada divisi *Spinning* OSP produk yang dihasilkan adalah benang *Drawn Yarn*. *Drawn Yarn* merupakan benang nylon yang terdiri dari beberapa filamen. Benang ini dihasilkan dari proses pemanasan (*extruder*) FD Chip menjadi polimer yang kemudian dicetak dengan *spinneret* dan kemudian digulung menjadi gulungan benang yang disebut *Drawn Yarn*.

Tabel 4.1 Tabel data produksi bulan Juni 2009 (dalam satuan *drawn yarn*)

Tanggal	D 50-48-2294
1	263
2	278
3	265
4	273

Lanjutan Tabel 4.1

5	263
6	277
7	270
8	263
9	278
10	264
11	258
12	270
13	271
14	265
15	273
16	265
17	278
18	263
19	258
20	255
21	258
22	263
23	265
24	272
25	263
26	257
27	258
28	260
29	261
30	277
Jumlah	7984

4.1.7 Data Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam memproduksi benang di PT. ITS meliputi bahan baku utama dan bahan baku penunjang antara lain :

1. Bahan baku utama

Bahan baku utama yang digunakan adalah FD Chip, karena bahan baku inilah yang akan dipanaskan (*extruder*) menjadi filament-filamen yang disebut multifilament. Dalam proses di OSP ini terdapat beberapa tipe denier *drawn yarn* yang disesuaikan dengan pesanan konsumen.

2. Bahan baku pendukung

Bahan pendukung yang digunakan adalah bobbin, Merupakan tempat untuk melilit benang menjadi gulungan benang. Bobbin ini terbuat dari besi atau kertas. Tapi umumnya pada proses OSP menggunakan bobbin kertas.

4.1.8 Mesin-Mesin Produksi

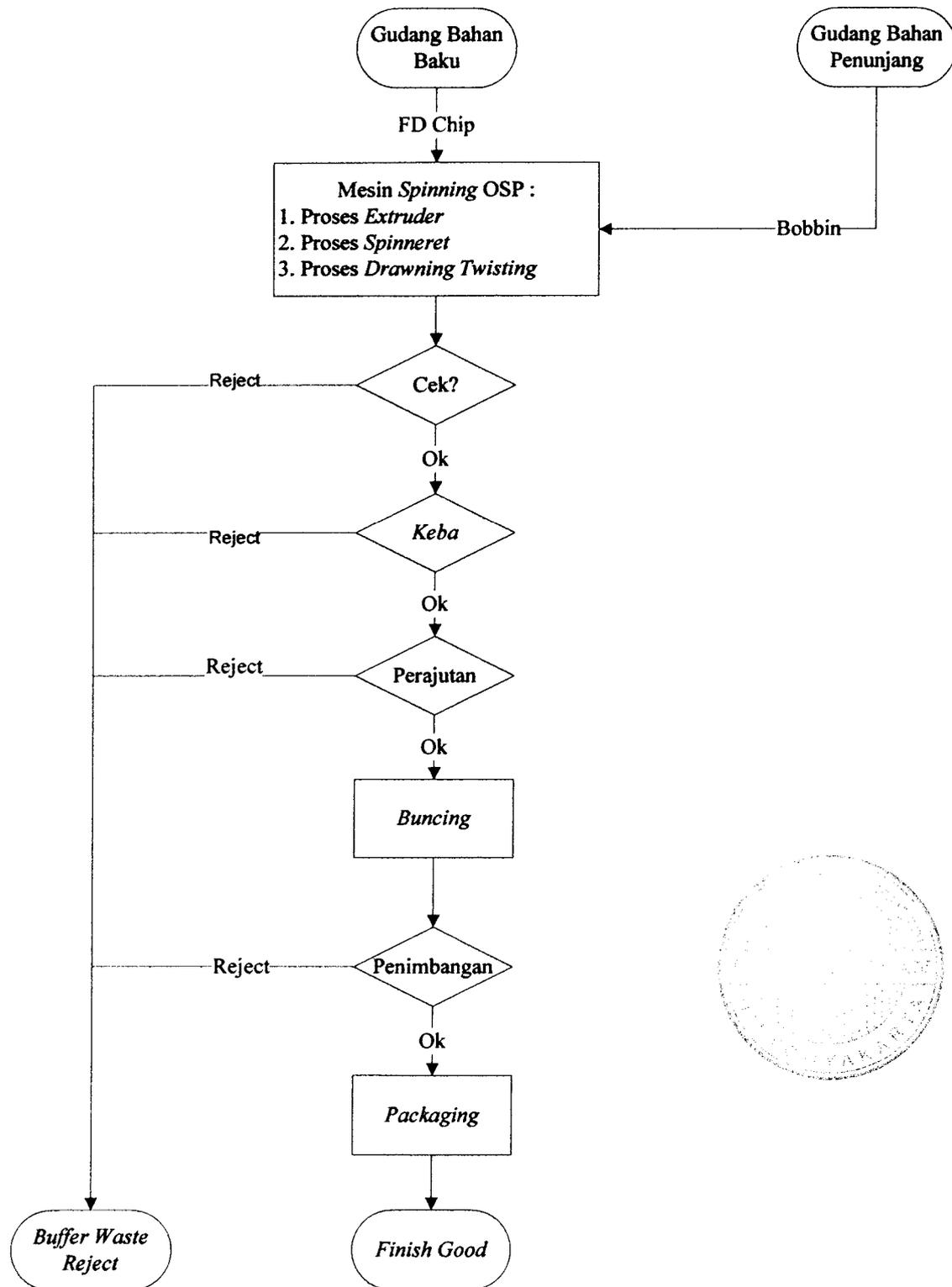
Mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi, antara lain :

Tabel 4.2 Tabel Data Mesin Produksi

No	Jenis Mesin	Fungsi	Jumlah (unit)	Kapasitas (per unit)
1.	<i>Spinning</i> OSP	Mencairkan FD Chip menjadi polimer cair kemudian dicetak dan ditarik hingga menjadi benang jadi.	4	64 drum <i>drawn yarn</i> tiap mesin
2.	<i>Keba</i>	Uji standar kualitas benang keriting	2	1 drum <i>drawn yarn</i>
3.	<i>Ospirator</i>	Menyedot bagian mother yarn yang cacat	2	1 drum <i>drawn yarn</i>
4.	Perajutan	Untuk mengetahui kualitas benang setelah dirajut	1	1 drum <i>drawn yarn</i>
5.	Timbangan	Untuk menimbang berat <i>drawn yarn</i>	1	1 drum <i>drawn yarn</i>

4.1.9 Proses Produksi

Berikut ini adalah proses produksi dari multifilamen di divisi OSP :



Gambar 4.2 Alur Proses Produksi

Keterangan :

1. Mesin OSP

FD CHIP yang dihasilkan melalui proses polimerisasi ditransfer ke bagian *Spinning Process*, lalu FD CHIP kemudian ditampung di mesin *Vacum Dryer* yaitu alat pengering ruang hampa. Kemudian didorong menggunakan pompa ke *Chip Hoper Tank* lalu dialirkan pada mesin *Extruder*, mendapat panas ($\pm 250^{\circ}\text{C}$) dan langsung masuk ke *Cooling Box* ($\pm 20^{\circ}\text{C}$) hasilnya masih berupa *Filament Cair*.

Kemudian *filament* mendapat pelumasan (*Oil*) dan ditarik dengan menggunakan alat penggulung panas/*Hot Roller* fungsinya agar *filament* mendapatkan penarikan kembali, lalu selanjutnya digulung menggunakan 8 unit mesin *winder* dan menghasilkan 8 drum/unit *drawn yarn* yang siap dipasarkan. Pada proses ini dibutuhkan bobbin sebagai tempat melilit benang.

2. Proses Keba

Proses ini bertujuan untuk uji kontrol kualitas setiap *drawn yarn* dilihat dari bergelombangnya gulungan benang, serta untuk mencegah produk cacat sampai ke tangan konsumen yang dapat menyebabkan *claim/complain*.

3. Proses Ospirator

Setelah mother yarn diketahui cacatnya, kemudian masuk ke proses ospirator. Di proses ospirator *drawn yarn* di sedot untuk dibersihkan untuk menghilangkan cacat pada permukaan gulungan benang. Cacat yang sering terjadi diantaranya badform dan kotor yaitu *hand yogore* atau *oil yogore*.

4. Proses Perajutan

Proses ini bertujuan untuk uji kontrol kualitas setiap *drawn yarn* dilihat dari benang tersebut saat dirajut, serta untuk mencegah produk cacat sampai ke tangan konsumen yang dapat menyebabkan *claim/complain*.

5. Proses *Buncing*

Proses ini bertujuan untuk membuang sisa benang akibat dari proses *revo*.

6. Proses Penimbangan

Proses penimbangan dilakukan untuk mengukur berat *drawn yarn* dan diberi label. Proses ini bertujuan untuk mencegah berat benang yang tidak standar sampai ke tangan pelanggan yang dapat menyebabkan *claim/complain*.

7. Proses *Packaging*

Setelah proses uji kualitas selesai, maka benang langsung di *packing*.

4.1.10 Data Waktu Proses

Pengukuran terhadap data waktu proses dilakukan dengan cara pengamatan langsung dengan menggunakan alat bantu *stop watch* yang dilakukan sebanyak 30 kali pengamatan untuk masing-masing produk.

a. Proses Mesin OSP

Mesin ini memproduksi terus-menerus tanpa henti dan untuk memproduksi 64 *drawn yarn* dibutuhkan waktu selama 4.05 jam.

b. Proses *Keba*

Tabel 4.3 Tabel waktu proses *keba* (dalam detik)

2.53	2.45	2.13	2.45	2.64	2.37
2.50	2.47	2.58	2.59	2.29	2.38
2.28	2.38	2.47	2.13	2.24	2.30
2.20	2.26	2.41	2.49	2.32	2.29
2.16	2.47	2.16	2.37	2.21	2.40

c. Proses Ospirator

Tabel 4.4 Tabel waktu proses ospirator (dalam detik)

23.76	20.09	18.09	18.91	26.27	22.41
21.16	24.09	17.68	25.24	18.28	23.13

Lanjutan Tabel 4.4

17.08	25.63	18.68	24.23	23.59	21.04
25.94	19.84	17.95	19.91	19.95	25.27
22.20	25.82	24.23	25.14	20.73	24.73

d. Proses Perajutan

Tabel 4.5 Tabel waktu proses perajutan (dalam detik)

38.64	38.60	35.81	39.35	38.92	32.80
34.75	35.27	35.54	38.16	37.35	33.63
35.22	40.10	33.05	35.22	39.66	38.73
35.91	35.89	39.72	37.31	39.29	39.04
41.36	33.34	36.05	35.67	36.49	38.95

e. Proses *Buncing*Tabel 4.6 Tabel waktu proses *buncing* (dalam detik)

2.35	2.98	2.67	2.51	3.38	3.35
3.09	2.26	2.39	2.56	2.86	2.39
3.22	2.94	2.64	2.65	2.88	3.13
3.25	2.70	2.48	2.55	3.36	2.70
3.48	2.27	3.08	2.56	3.35	3.33

f. Proses Penimbangan

Tabel 4.7 Tabel waktu proses penimbangan (dalam detik)

2.98	3.38	2.51	2.35	2.67	3.35
2.26	2.86	2.56	3.09	2.39	2.39
2.94	2.88	2.65	3.22	2.64	3.13
2.70	3.36	2.55	3.25	2.48	2.70
2.27	3.35	2.56	3.48	3.08	3.33

g. Proses *Packaging*Tabel 4.8 Tabel waktu proses *packaging* (dalam detik)

18.90	14.44	11.91	13.94	15.01	14.52
13.86	13.21	16.34	16.64	18.28	12.05
18.51	16.37	14.30	15.37	16.19	16.80
11.49	14.08	15.00	16.30	12.20	13.06

Lanjutan Tabel 4.8

15.98	15.27	17.79	14.27	11.87	14.59
-------	-------	-------	-------	-------	-------

4.1.11 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah proses kegiatan untuk memastikan apakah kebijakan dalam hal mutu sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pengendalian kualitas harus tetap dijaga agar produk yang dihasilkan dapat memenuhi pasar dan tercipta kepercayaan terhadap perusahaan dari pihak konsumen.

Maksud dan tujuan dari pengendalian kualitas adalah :

1. Agar barang hasil produksi mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan oleh PT. ITS.
2. Meminimumkan biaya produksi.
3. Meminimumkan biaya inspeksi.
4. Menghilangkan *complain* dan *claim*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam kualitas produk adalah :

1. Bentuk *parn* (gulungan benang) harus proporsional.
2. Kekuatan tarik benang harus sesuai permintaan pelanggan.
3. Tidak kotor, tidak mudah putus, dan tidak berserabut.
4. Warnanya tidak belang.

Pengendalian kualitas produk yang dilakukan meliputi :

- a. Pengendalian kualitas bahan baku.
- b. Pengendalian kualitas pada waktu proses.
- c. Pengendalian kualitas produk jadi.

4.1.11.1 Kualitas yang Diinginkan Oleh Konsumen

Dalam segi kualitas produk yang dihasilkan, yang paling utama adalah kualitas barang. Konsumen sendiri menginginkan produk yang sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan, yaitu sesuai standar kualitas yang telah disepakati bersama antara konsumen dan perusahaan. Konsumen sendiri menginginkan produk yang dibeli tidak cacat, tidak mudah putus, dan barang dilihat secara visual masih bagus.

4.1.11.2 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Di PT. ITS dalam menjaga kualitas produknya telah dimulai dari proses pembelian bahan baku, dimana bahan baku yang dibeli dari supplier bahan baku ini banyak. Untuk menjaga kualitas bahan baku maka dari bagian *Quality Assurance* (QA) melakukan pengecekan barang yang datang yaitu dengan melakukan pengecekan dokumen yang menyertai baik itu mengenai kuantitas, jenis bahan baku maupun kualitasnya serta pengujian secara kimiawi maupun fisika secara sampling. Sehingga jika bahan baku yang datang tidak sesuai dengan standar mutu maka barang akan dikembalikan semuanya tanpa terkecuali.

4.1.11.3 Pengendalian Kualitas pada Waktu Proses Produksi

Dalam setiap proses produksi belum tentu selalu berjalan dengan lancar akan tetapi banyak kendala-kendala yang harus dihadapi. Untuk menjaga kualitas proses produksi maka manajer bagian produksi selalu melakukan pengecekan proses produksi pada setiap operator mesin secara berkala, hal ini dilakukan untuk memeriksa proses yang dilakukan operator sudah sesuai dengan standar operasi kerja yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Jika hasil pengecekan bagus maka produk yang dihasilkan tentunya bagus. Namun jika hasil pengecekan kurang sesuai dan

produk yang dihasilkan banyak yang cacat, maka operator perlu diberikan pendidikan mengenai proses produksi yang benar.

Pengawasan kualitas dilakukan pada setiap tahapan proses dan dalam sehari bagian QA akan mengambil sampel untuk tiap-tiap mesin secara bergilir untuk dilakukan pengujian kualitas di proses produksi.

Pengawasan proses juga dilakukan terhadap lingkungan kerja yang meliputi pengawasan terhadap kebersihan alat, pekerja dan tempat kerja. Selain itu juga pengawasan terhadap ruang produksi dan gudang yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kontaminasi bahan atau produk selama proses produksi. Para pekerja diwajibkan menggunakan alat pelindung keselamatan saat bekerja.

4.1.11.4 Pengendalian Kualitas Produk Akhir

Pemeriksaan kualitas produk akhir dilakukan oleh bagian sorting sebelum di *packing*. Di bagian *packing* ini juga dicantumkan kode produksi, tanggal produksi, dan operator yang bertugas. Pengawasan dilakukan sesuai standarisasi perusahaan bagian QA (*Quality Assurance*). Sebelum produk dijual ke konsumen bagian QA melakukan inspeksi mutu melalui sampel secara random sehingga produk wajib ditahan di gudang minimal selama 7 hari sebelum dikirimkan ke konsumen.

4.1.12 Kondisi Lingkungan Stasiun Kerja

1. Banyak terdapat sisa-sisa benang yang berserakan di lantai.
2. Kondisi lantai licin akibat terkena cipratan *oil* dari mesin *extruder*.
3. Tingkat kebisingan pada ruang produksi adalah 97 dB.
4. Tingkat suhu dan kelembapan pada ruang produksi adalah 30°C dan 68%.

4.1.13 Metode Kerja

Metode yang digunakan berdasarkan prosedur kerja yang sudah ada. Yaitu dengan proses produksi terus-menerus, proses produksi yang dilakukan tanpa berhenti selama 24 jam dalam sehari. Mesin-mesin bekerja dari awal sampai barang tersebut menjadi barang yang diinginkan (barang baku menjadi barang jadi).

4.1.14 Data Biaya Pengeluaran Perusahaan dan Harga Jual Produk

1. Biaya listrik = \$ 20/hari
2. Biaya *oil* untuk benang pada proses *extruder* = \$ 7/hari
3. Upah operator = \$ 8/hari
4. Upah operator packaging = \$ 3/hari
5. Biaya pembelian FD Chip = \$ 5/unit
6. Biaya pembelian bobbin = \$ 0.5/unit

Harga jual per unit = \$ 15

Asumsi \$ 1 = Rp. 9600,00

4.2 Pengolahan Data

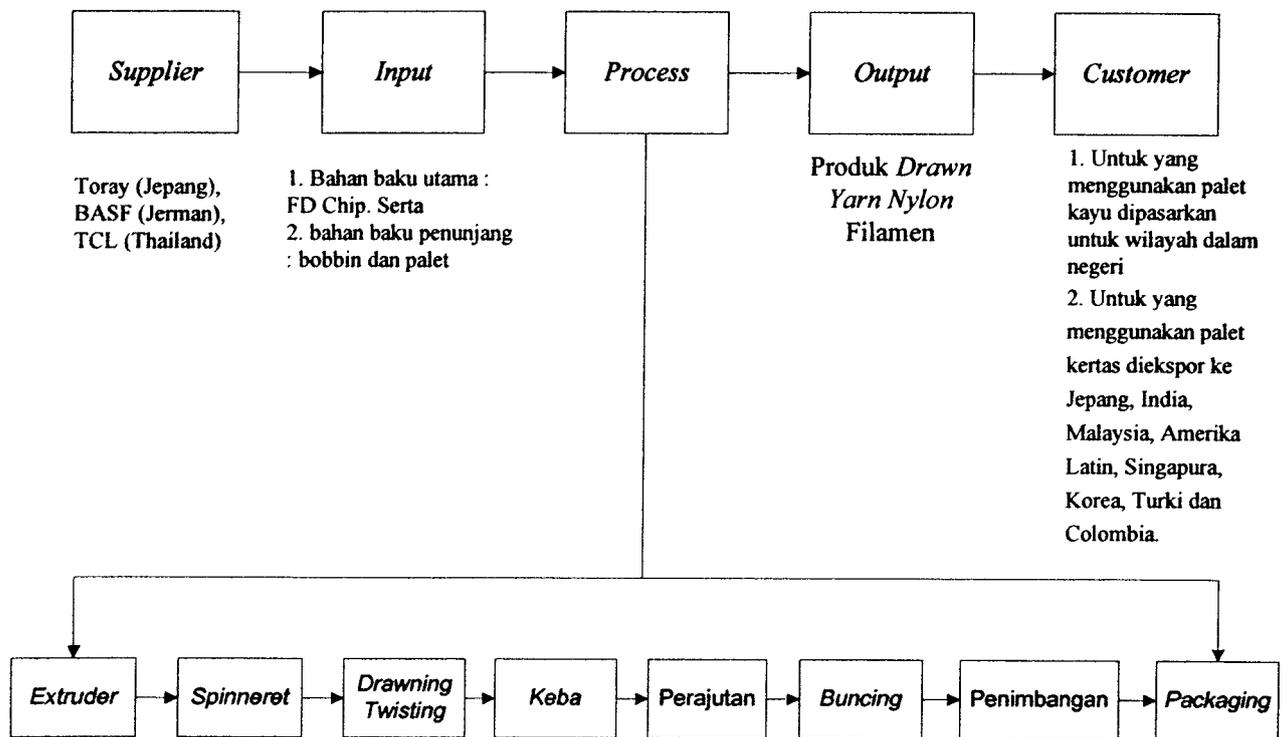
4.2.1 Analisa *Lean Sigma*

4.2.1.1 Tahap *Define*

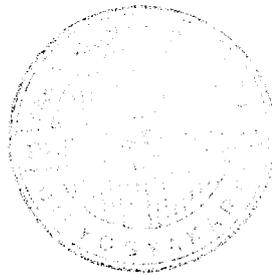
Mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan pelanggan dan strategi perusahaan.

Mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan

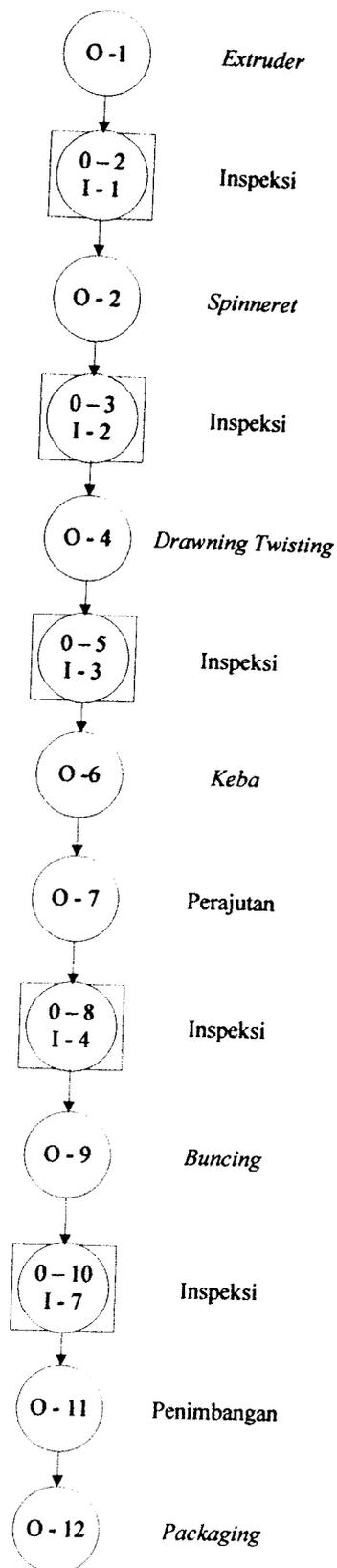
1. Diagram SIPOC



Gambar 4.3 Diagram SIPOC



2. OPC (*Operation Process Chart*)



Gambar 4.4 *Operation Process Chart*

4.2.1.2 Tahap *Measure*

4.2.1.2.1 Menentukan *Critical To Quality* (CTQ)

Identifikasi dilakukan terhadap kriteria karakteristik kualitas yang memiliki potensi untuk menimbulkan kecacatan. Karakteristik kualitas yang dimaksud pada penelitian ini adalah karakteristik jenis cacat produk yang mempengaruhi suatu output.

Berikut ini adalah jenis-jenis produk yang menghasilkan ketidaksesuaian pada periode bulan Juni 2009 :

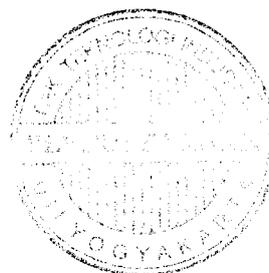
Tabel 4.9 Jenis-Jenis Produk Yang Menghasilkan Kecacatan

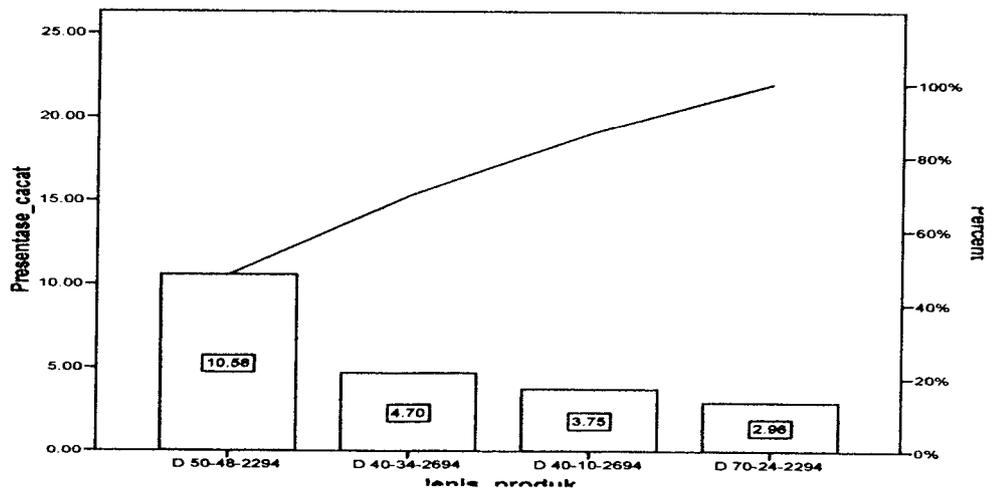
No	Jenis produk	Unit produksi/bulan	Jumlah cacat/bulan	Prosentase cacat (%)
1.	D 40-10-2694	1548	58	3.75
2.	D 40-34-2694	1894	89	4.70
3.	D 50-48-2294	7984	845	10.58
4.	D 70-24-2294	4251	126	2.96

Menentukan jenis produk dengan menghitung presentase kecacatan (%) dari masing-masing jenis produk dan menggunakan alat bantu diagram pareto untuk mengetahui jenis produk dengan tingkat kecacatan yang terbesar.

Adapun presentase ketidaksesuaian masing-masing jenis produk adalah :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ D 40-10-2694 : \% cacat} &= \frac{\sum \text{cacat produk}}{\sum \text{unit produksi}} \times 100\% \\
 &= \frac{58}{1548} \times 100\% \\
 &= 3.75\%
 \end{aligned}$$





Gambar 4.5 Diagram Pareto Tingkat Kecacatan Produk

Dari diagram pareto diatas dapat diketahui presentase cacat terbesar adalah benang *nylon* dengan tipe D 50-48-2294. Oleh karena itu, maka sasaran peningkatan kualitas akan difokuskan pada produk D 50-48-2294. Adapun karakteristik jenis cacat produk yang sering terjadi pada periode bulan Juni 2009 adalah sebagai berikut :

1. Benang putus

Biasanya cacat ini disebabkan karena kondisi mesin terutama *roller godet* yang abnormal dan ketidakteelitian operator dalam menyetting aliran benang pada *guide*.

2. Bentuk *drawn yarn* tidak proporsional

Biasanya cacat ini terjadi akibat kondisi *spilliter* yang abnormal dan ketidakteelitian operator dalam menyusun bobbin.

3. Benang kotor

Benang kotor disebabkan karena terkena cipratan *oil* pada mesin dan kekuranghatian operator dalam memindahkan produk dari satu proses ke proses selanjutnya. Selain itu dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan juga.

4. Benang tidak rata

Biasanya cacat ini disebabkan kondisi *spinneret* yang abnormal pada saat pencetakan benang atau pemasangan *spinneret* yang tidak sesuai SOP.

5. Benang berserabut

Biasanya cacat ini disebabkan karena ketidakteelitian operator dalam mensetiing aliran benang pada *guide*.

6. Berat benang tidak standar

Cacat ini disebabkan selain karena proses pencetakan benang yang buruk juga karena proses pelumasan benang yang kurang sempurna.

7. Benang keriting

Biasanya cacat ini disebabkan proses pencetakan benang yang buruk dan ketidakteelitian operator dalam menangani produk pada saat melakukan proses transfer.

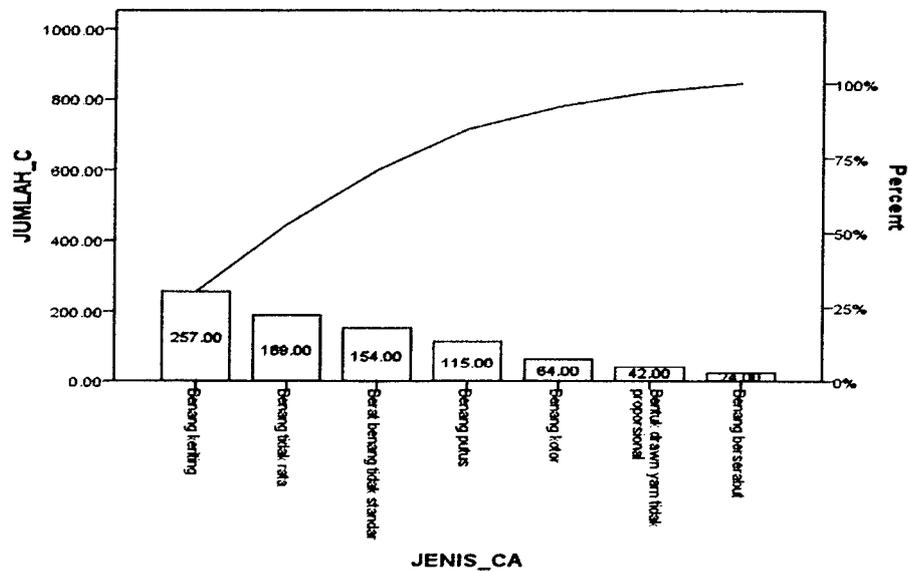
Adapun jumlah cacat berdasarkan jenis cacatnya dalam periode awal penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Jumlah Cacat Berdasarkan Jenis Cacat Benang D 50-48-2294

No.	Jenis cacat produk	Jumlah cacat
1.	Benang putus	115
2.	Bentuk <i>drawn yarn</i> tidak proposional	42
3.	Benang kotor	64
4.	Benang tidak rata	189
5.	Benang berserabut	24
6.	Berat benang tidak standar	154
7.	Benang keriting	257
Jumlah		845

Sumber : Departemen *Quality Assurance* OSP

Dari data di atas, jika menggunakan diagram pareto adalah sebagai berikut :



Gambar 4.6 Diagram Pareto Jenis Penyebab Kecacatan Produk

Dari diagram pareto di atas terlihat bahwa jenis cacat terbanyak yaitu jenis cacat benang keriting (*keba*). Lima jenis cacat terbanyak lainnya yaitu benang tidak rata, benang berserabut, benang putus, dan benang kotor. Dari kelima jenis cacat terbanyak tersebut akan digunakan untuk menentukan karakteristik kualitas (CTQ) potensial dan akan dianalisis pada perhitungan selanjutnya.

Tabel 4.11 Hasil Analisis Data CTQ Potensial Jenis Kegagalan

Urutan Jenis Kecacatan	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase dari total (%)	Presentase Kumulatif (%)
Benang keriting	257	257	32.99	32.99
Benang tidak rata	189	446	24.26	57.25
Berat benang tidak standar	154	600	19.77	77.02
Benang putus	115	715	14.76	91.78
Benang kotor	64	779	8.22	100
Total	779		100.00	

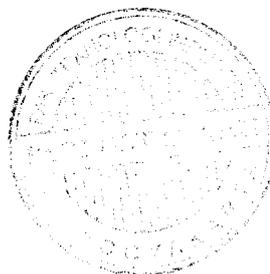
Berikut adalah CTQ potensial yang menyebabkan produk D 50-48-2294 mempunyai jenis cacat yang paling sering terjadi yaitu :

Tabel 4.12 Karakteristik Jenis Cacat Produk D 50-48-2294

Jenis cacat (CTQ potensial)	Proses
Benang keriting Benang tidak rata Berat benang tidak standar	<i>Spinneret</i>
Benang putus	<i>Drawing Twisting</i>
Benang kotor	<i>Sorting</i>

Keterangan :

1. Cacat benang tidak rata, keriting, dan berat benang tidak standar disebabkan karena proses pencetakan benang tidak berjalan baik dikarenakan kondisi *spinneret* yang sudah buruk.
2. Cacat benang putus disebabkan karena kekuatan tarik pada benang terlalu kuat pada saat proses *drawing twisting* dan jalur benang pada *guide* mesin tidak benar sehingga benang menjadi mudah putus.
3. Cacat benang kotor selain disebabkan karena terkena cipratan *oil* di mesin OSP juga disebabkan oleh tangan operator yang kotor yang tanpa disadari memegang produk sehingga benang menjadi kotor.



4.2.1.2.2 Data Atribut

Berikut ini adalah pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses dari hasil CTQ potensial.

1. Proses *Spinneret*

Tabel 4.13 Data Pengukuran Jumlah Cacat Pada Proses *Spinneret*

No	Ukuran Sampel	Jumlah Cacat (np)	Proporsi cacat (p)
1	64	4	0.063
2	64	6	0.094
3	64	8	0.125
4	64	6	0.094
5	64	5	0.078
6	64	10	0.156
7	64	6	0.094
8	64	7	0.109
9	64	12	0.188
10	64	10	0.156
11	64	4	0.063
12	64	6	0.094
13	64	9	0.141
14	64	8	0.125
15	64	4	0.063
16	64	5	0.078
17	64	6	0.094
18	64	8	0.125
19	64	7	0.109
20	64	5	0.078
21	64	7	0.109
22	64	5	0.078
23	64	6	0.094
24	64	10	0.156
25	64	8	0.125
Total	1600	172	

a. Uji kecukupan data

$$\sum X = 172$$

$$k = 95\% \approx 2$$

$$(\sum X)^2 = 29584$$

$$s = 5\%$$

$$\sum X^2 = 1292$$

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right] = \left[\frac{2/0.05 \sqrt{25 \times 1292 - 29584}}{172} \right] = 12.12 \approx 13$$

Karena $N' < N$ yaitu $13 < 25$ maka data dianggap cukup.

b. Uji statistik proses kontrol

Perhitungan untuk sampel no.1 tabel 4.13

$$\begin{aligned} \% \text{ cacat (p)} &= \frac{\text{cacat produk}}{\text{jumlah sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{4}{64} \times 100\% = 6.3\% = 0.063 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{p} &= \frac{\text{total cacat}}{\text{jumlah sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{172}{1600} \times 100\% = 10.75\% = 0.1075 \end{aligned}$$

$$CL \bar{np} = \frac{\text{total cacat}}{\text{banyaknya pengambilan sampel}}$$

$$UCL = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

$$LCL = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

$$CL \bar{np} = \frac{172}{25} = 6.88$$

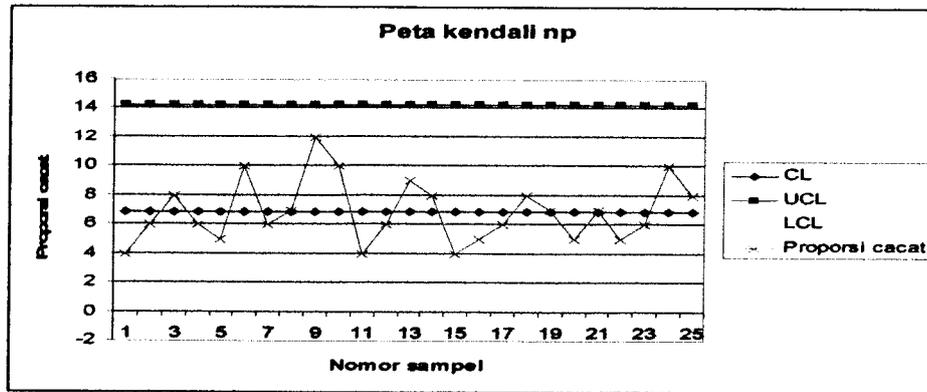
$$UCL = 6.88 + 3\sqrt{6.88(1-0.1075)} = 14.31$$

$$LCL = 6.88 - 3\sqrt{6.88(1-0.1075)} = -0.56$$

Untuk sampel selanjutnya juga dilakukan perhitungan seperti diatas.

Peta kendali proporsi kesalahan \bar{np} proses *spinneret* periode bulan juni 2009

adalah pada gambar 4.7 :



Gambar 4.7 Peta Kendali \bar{np} Proses *Spinneret*

Dari hasil peta kendali \bar{np} pada proses *spinneret* periode bulan Juni 2009, dapat diketahui bahwa data-data diatas dalam keadaan terkendali.

2. Proses *Drawing Twisting*

Tabel 4.14 Data Pengukuran Jumlah Cacat Pada Proses *Drawing Twisting*

No	Ukuran Sampel	Jumlah Cacat (np)	Proporsi cacat (p)
1	64	3	0.05
2	64	3	0.04
3	64	3	0.05
4	64	1	0.02
5	64	3	0.05
6	64	2	0.04
7	64	2	0.02
8	64	4	0.07
9	64	3	0.04
10	64	3	0.05
11	64	4	0.06
12	64	3	0.04
13	64	1	0.02
14	64	4	0.06
15	64	1	0.02
16	64	3	0.05
17	64	3	0.04
18	64	3	0.05
19	64	4	0.06
20	64	3	0.05
21	64	4	0.06
22	64	1	0.02
23	64	3	0.05

Lanjutan Tabel 4.14

24	64	4	0.06
25	64	4	0.06
Total	1600	73	

a. Uji kecukupan data

$$\sum X = 73 \quad k = 95\% \approx 2$$

$$(\sum X)^2 = 5329 \quad s = 5\%$$

$$\sum X^2 = 227$$

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right] = \left[\frac{2/0.05 \sqrt{25 \times 227 - 5329}}{73} \right] = 10.19 \approx 11$$

Karena $N' < N$ yaitu $11 < 25$ maka data dianggap cukup.

b. Uji statistik proses kontrol

Perhitungan untuk sampel no.1 tabel 4.14

$$\% \text{ cacat (p)} = \frac{\text{cacat produk}}{\text{jumlah sampel}} \times 100\%$$

$$= \frac{3}{64} \times 100\% = 0.05$$

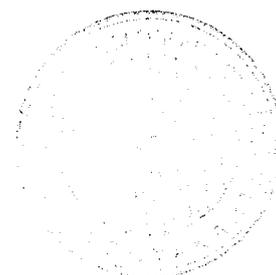
$$\bar{p} = \frac{\text{total cacat}}{\text{jumlah sampel}} \times 100\%$$

$$= \frac{73}{1600} \times 100\% = 0.045625$$

$$CL \bar{np} = \frac{\text{total cacat}}{\text{banyaknyapengambilansampel}}$$

$$UCL = np + 3\sqrt{np(1-\bar{p})}$$

$$LCL = np - 3\sqrt{np(1-\bar{p})}$$



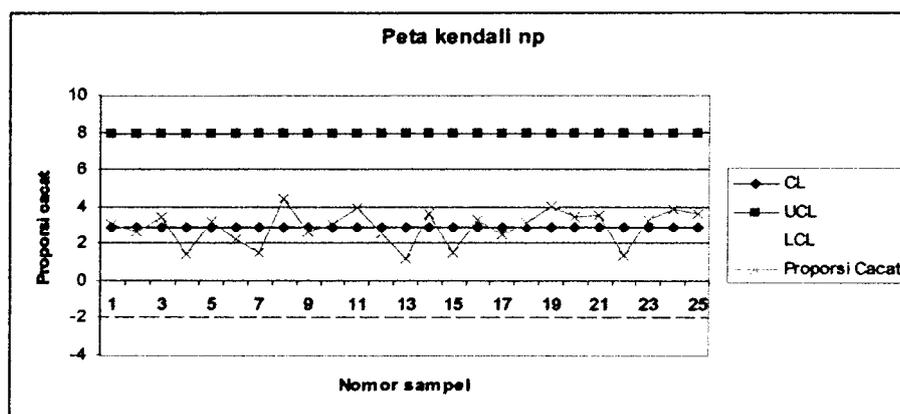
$$CL \bar{np} = \frac{73}{25} = 2.92$$

$$UCL = 2.92 + 3\sqrt{2.92(1 - 0.045625)} = 7.93$$

$$LCL = 2.92 - 3\sqrt{2.92(1 - 0.045625)} = -2.08$$

Untuk sampel selanjutnya juga dilakukan perhitungan seperti diatas.

Peta kendali proporsi kesalahan \bar{np} proses *drawing twisting* periode bulan juni 2009 adalah pada gambar 4.8 :



Gambar 4.8 Peta Kendali \bar{np} Proses *Drawing Twisting*

Dari hasil peta kendali \bar{np} pada proses *drawing twisting* periode bulan Juni 2009, dapat diketahui bahwa data-data diatas dalam keadaan terkendali.

4.2.1.2.3 Data Variabel

Penelitian dilakukan pada proses *spinneret*, kemudian yang akan diteliti adalah berat benang dan kerataan benang, pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat uji kualitas. Spesifikasi untuk masing-masing jenis kualitas yaitu berat benang 7000 ± 25 gram dan kerataan benang 8 ± 2 mm. Adapun pengumpulan data pengukurannya adalah sebagai berikut :

1. Berat benang dengan berat 7000 ± 25 gram

Tabel 4.15 Data Pengukuran Berat Benang D 50-48-2294

Contoh sampel	Pengukuran pada unit contoh (n=5) dalam gram					Perhitungan yang perlu		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Jumlah	Rata-rata (\bar{X})	Range (R)
1	7015	6995	7021	7012	7014	35057	7011.40	26
2	6978	7005	6994	7008	6981	34966	6993.20	30
3	7010	6982	6984	7015	6985	34976	6995.20	33
4	6987	6985	7016	6979	6994	34961	6992.20	37
5	7010	7010	7006	6979	6998	35003	7000.60	31
6	6979	7008	6987	7021	6987	34982	6996.40	42
7	6982	6992	6990	6998	6990	34952	6990.40	16
8	7014	7000	7013	6992	7013	35032	7006.40	22
9	6993	7014	7008	6980	7008	35003	7000.60	34
10	7020	6990	6995	6978	7001	34984	6996.80	42
11	7014	7013	7005	7014	6982	35028	7005.60	32
12	6998	7008	6982	6990	6985	34963	6992.60	26
13	7015	7001	6985	7013	7005	35019	7003.80	30
14	7012	6998	6995	7008	6982	34995	6999.00	30
15	7015	6992	6978	7001	6985	34971	6994.20	37
16	6978	6980	7014	7020	6995	34987	6997.40	42
17	7010	6978	6981	7014	7005	34988	6997.60	36
18	6987	7014	7010	6998	6987	34996	6999.20	27
19	7015	6981	6987	6979	7015	34977	6995.40	36
20	7010	6985	7015	6982	7015	35007	7001.40	33
21	6987	7010	7010	7014	7010	35031	7006.20	27
22	7015	6987	7010	6993	6985	34990	6998.00	30
23	6978	7015	7000	7020	6995	35008	7001.60	42
24	7010	7010	7022	7014	6978	35034	7006.80	44
25	7016	6987	6984	6979	6985	34951	6990.20	37
						Jumlah	17497.20	822
						Rata-rata	6998.89	32.88

Peta kendali R

$$CL = \bar{R}$$

$$UCL = \bar{R}D_4$$

$$LCL = \bar{R}D_3$$

Dengan menggunakan rumus diatas dilakukan perhitungan sebagai berikut :

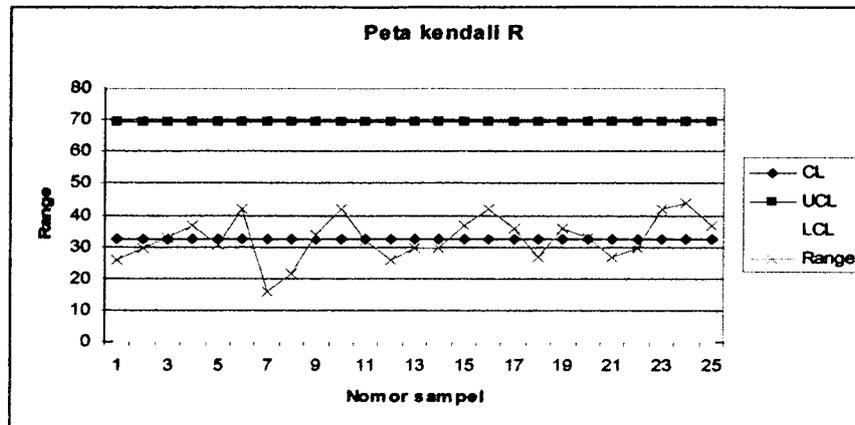
$$\bar{R} = \frac{822}{25} = 32.88$$

$$CL = 32.88$$

$$UCL = 32.88(2.114) = 69.50832$$

$$LCL = 47.14(0) = 0$$

Setelah dilakukan perhitungan seperti diatas maka kita dapat mengplotkan data ke dalam peta kendali R adalah sebagai berikut :



Gambar 4.9 Peta Kendali R Untuk Berat Benang D 50-48-2294

Dari peta kendali R dapat dilihat bahwa data range masih dalam keadaan terkendali, sehingga dapat dilanjutkan untuk membuat peta kendali \bar{X} .

Peta kendali \bar{X}

$$CL = \bar{\bar{X}}$$

$$UCL_x = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

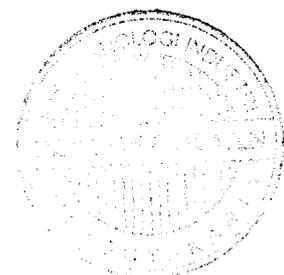
$$LCL_x = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

Dengan menggunakan rumus diatas dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{17497.20}{25} = 6998.89$$

$$CL = 6998.89$$

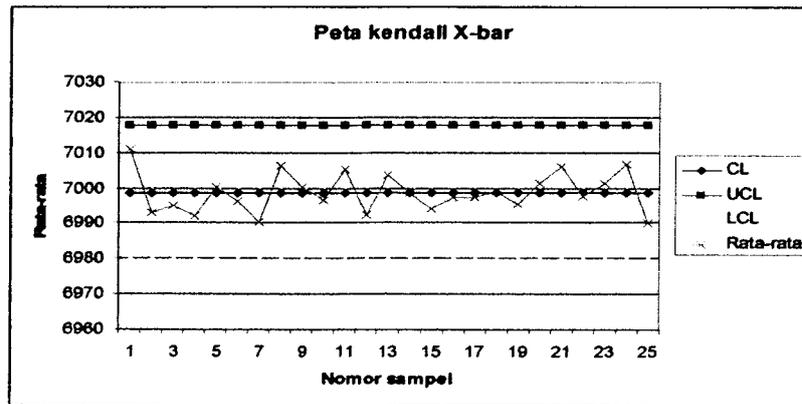
$$UCL_x = 6998.89 + (0.577)32.88 = 7017.86176$$



$$LCL_x = 6998.89 - (0.577)32.88 = 6979.91824$$

Setelah dilakukan perhitungan seperti diatas untuk semua data maka kita dapat

mengplotkan data ke dalam peta pengendali \bar{X} sebagai berikut :



Gambar 4.10 Peta Kendali \bar{X} Untuk Berat Benang D 50-48-2294

Peta kendali \bar{X} menunjukkan bahwa data dalam keadaan terkendali atau data yang dikumpulkan telah stabil. Sehingga dapat dilanjutkan untuk menghitung DPMO dan Tingkat *Sigma*.

2. Kerataan benang dengan simpangan 8 ± 2 mm

Tabel 4.16 Data Pengukuran Kerataan Benang D 50-48-2294

Contoh sampel	Pengukuran pada unit contoh (n=5) dalam mm					Perhitungan yang perlu		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Jumlah	Rata-rata (\bar{X})	Range (R)
1	7	6	8	9	10	40	8	4
2	9	9	8	9	8	43	8.6	1
3	6	9	10	8	7	40	8	4
4	8	8	9	7	9	41	8.2	2
5	6	7	9	6	8	36	7.2	3
6	10	8	8	9	10	45	9	2
7	9	9	7	8	9	42	8.4	2
8	8	8	6	9	8	39	7.8	3
9	7	7	7	8	7	36	7.2	1
10	6	8	9	10	6	39	7.8	4
11	8	7	8	9	7	39	7.8	2
12	8	6	9	8	6	37	7.4	3
13	9	9	9	7	9	43	8.6	2

Lanjutan Tabel 4.16

14	10	8	8	6	8	40	8	4	
15	10	7	7	10	8	42	8.4	3	
16	8	6	8	8	7	37	7.4	2	
17	9	8	7	7	6	37	7.4	3	
18	9	7	6	6	7	35	7	3	
19	9	9	9	9	7	43	8.6	2	
20	8	10	8	8	6	40	8	4	
21	7	9	7	9	9	41	8.2	2	
22	6	9	10	10	8	43	8.6	4	
23	9	8	9	10	9	45	9	2	
24	8	8	9	8	8	41	8.2	1	
25	7	7	8	8	7	37	7.4	1	
							Jumlah	200.2	64
							Rata-rata	8.008	2.56

Peta kendali R

$$CL = \bar{R}$$

$$UCL = \bar{R}D_4$$

$$LCL = \bar{R}D_3$$

Dengan menggunakan rumus diatas dilakukan perhitungan sebagai berikut :

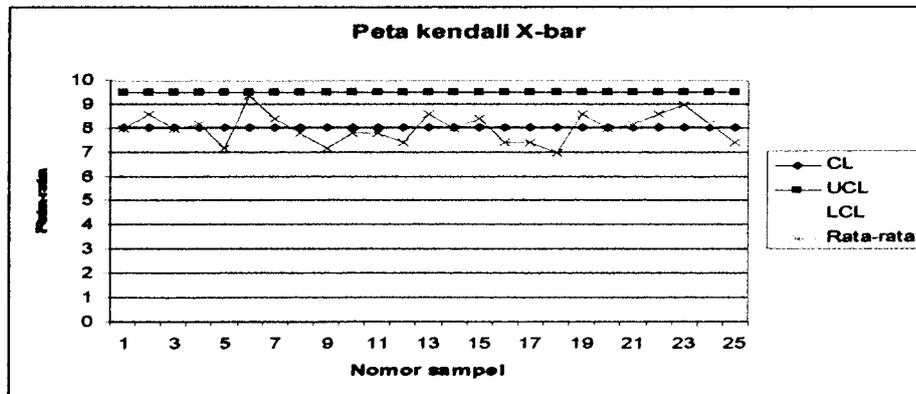
$$\bar{R} = \frac{64}{25} = 2.56$$

$$CL = 2.56$$

$$UCL = 2.56(2.114) = 5.41$$

$$LCL = 2.56(0) = 0$$

Setelah dilakukan perhitungan seperti diatas maka kita dapat mengplotkan data ke dalam peta kendali R adalah sebagai berikut :



Gambar 4.12 Peta Kendali \bar{X} Untuk Kerataan Benang D 50-48-2294

Peta kendali \bar{X} menunjukkan bahwa data dalam keadaan terkendali atau data yang dikumpulkan telah stabil. Sehingga dapat dilanjutkan untuk menghitung DPMO dan Tingkat *Sigma*.

4.2.1.2.4 Menentukan Baseline Kinerja (DPMO dan Tingkat *Sigma*) Data Atribut

4.2.1.2.4.1 Proses *Spinneret* Periode Juni 2009

Tabel 4.17 Nilai DPMO dan Tingkat *Sigma* Proses *Spinneret*

Jumlah sampel	Jumlah cacat	Banyak CTQ potensial	DPMO	<i>Sigma</i>
1600	172	3	35833.33	3.30

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \frac{\text{jumlahcacat}}{\text{jumlahtsampel} \times \text{banyakCTQpotensial}} \times 1000000 \\ &= \frac{172}{1600 \times 3} \times 1000000 = 35833.33 \end{aligned}$$

Konversi DPMO ke dalam nilai *sigma* berdasarkan konsep Motorola:

$$\text{Tingkat sigma} = 3.30$$

Diketahui rata-rata kesempatan untuk gagal adalah sebesar 35833.33 kegagalan per sejuta atau berada pada tingkat *sigma* 3.30.

$$\begin{aligned}
&= P \left[Z \geq \left(\frac{7025 - 6998.89}{14.136} \right) \right] \times 1000000 \\
&= P (Z \geq 1.85) \times 1000000 = [1 - P(Z \leq 1.85)] \times 1000000 \\
&= (1 - 0.96784) \times 1000000 = 32160
\end{aligned}$$

Perhitungan kegagalan di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan adalah :

$$\begin{aligned}
&= p \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1000000 \\
&= P \left[Z \leq \left(\frac{6975 - 6998.89}{14.136} \right) \right] \times 1000000 \\
&= P (Z \leq -1.69) \times 1000000 \\
&= (0.04550) \times 1000000 = 45500
\end{aligned}$$

DPMO yang dihasilkan oleh proses diatas adalah :

$$= 32160 + 45500 = 77660$$

Hasil konversi nilai DPMO kedalam nilai *sigma* berdasarkan konsep Motorola adalah 2.92.

4.2.1.2.5.2 Kerataan Benang (spesifikasi 8 ± 2 mm)

Spesifikasi target (T) = 8 dengan batas toleransi ± 2 mm

USL = 10 mm

LSL = 6 mm

Nilai rata-rata (*mean*) proses = $\bar{X} = 8.008$

Standar deviasi proses = $S = \bar{R} / d_2 = 2.56 / 2.326 = 1.1$

Perhitungan kegagalan di atas nilai USL per satu juta kesempatan adalah :

$$= p \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1000000$$

$$\begin{aligned}
&= P \left[Z \geq \left(\frac{10 - 8.088}{1.1} \right) \right] \times 1000000 \\
&= P (Z \geq 1.81) \times 1000000 = [1 - P(Z \leq 1.81)] \times 1000000 \\
&= (1 - 0.96485) \times 1000000 = 35150
\end{aligned}$$

Perhitungan kegagalan di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan adalah :

$$\begin{aligned}
&= P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1000000 \\
&= P \left[Z \leq \left(\frac{6 - 8.008}{1.1} \right) \right] \times 1000000 \\
&= P (Z \leq -1.83) \times 1000000 \\
&= (0.03369) \times 1000000 \\
&= 33690
\end{aligned}$$

DPMO yang dihasilkan oleh proses diatas adalah :

$$= 35150 + 33690 = 68840$$

Hasil konversi nilai DPMO kedalam nilai *sigma* berdasarkan konsep Motorola adalah 2.99.

4.2.1.3 Tahap *Analyze*

Pada tahap ini akan dilakukan beberapa hal yaitu menentukan stabilitas dan kapabilitas proses, menentukan target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan menuju proyek *Six Sigma*, mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kegagalan.

4.2.1.3.1 Menentukan Stabilitas Proses

4.2.1.3.1.1 Berat benang D 50-48-2294 (spesifikasi 7000 ± 25 gram)

Untuk mengetahui apakah proses produksi berada di dalam stabilitas, dapat menggunakan peta kontrol dengan cara mendefinisikan batas-batas pengendalian dengan berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola.

$$UCL = T + 1.5 S_{\max}$$

$$LCL = T - 1.5 S_{\max}$$

$$\text{Nilai } \sigma = 2.70$$

$$UCL = 7025 \text{ gram}$$

$$LCL = 6975 \text{ gram}$$

$$T = 7000 \text{ gram}$$

Dari data diatas dapat dicari nilai maksimum S_{\max} yaitu :

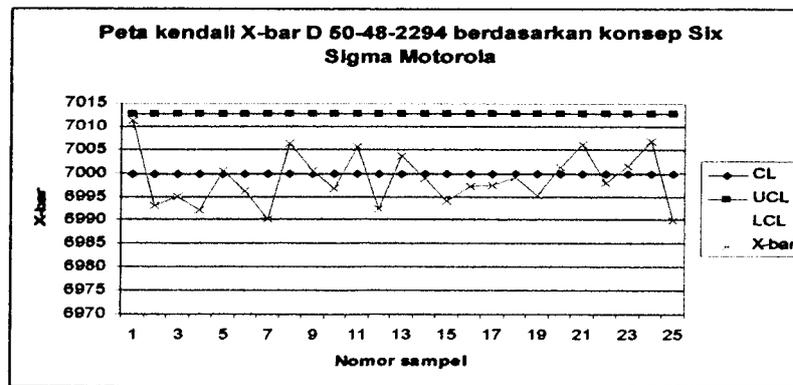
$$\begin{aligned} S_{\max} &= \left[\frac{1}{2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times (UCL - LCL) \\ &= \left[\frac{1}{2 \times 2.92} \right] \times (7025 - 6975) = 8.562 \end{aligned}$$

$$UCL = T + 1.5 S_{\max} = 7000 + 1.5 (8.562) = 7012.843$$

$$LCL = T - 1.5 S_{\max} = 7000 - 1.5 (8.562) = 2381.222$$

Peta pengendali \bar{x} berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola adalah sebagai berikut :





Gambar 4.13 Peta Kendali \bar{x} Berat Benang Berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola

4.2.1.3.1.2 Kerataan benang D 50-48-2294 (spesifikasi 8 ± 2 mm)

Untuk mengetahui apakah proses produksi berada di dalam stabilitas, dapat menggunakan peta kontrol dengan cara mendefinisikan batas-batas pengendalian dengan berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola.

$$UCL = T + 1.5 S_{\max}$$

$$LCL = T - 1.5 S_{\max}$$

$$\text{Nilai } \sigma = 2.99$$

$$UCL = 10 \text{ mm}$$

$$LCL = 6 \text{ mm}$$

$$T = 8 \text{ mm}$$

Dari data diatas dapat dicari nilai maksimum S_{\max} yaitu :

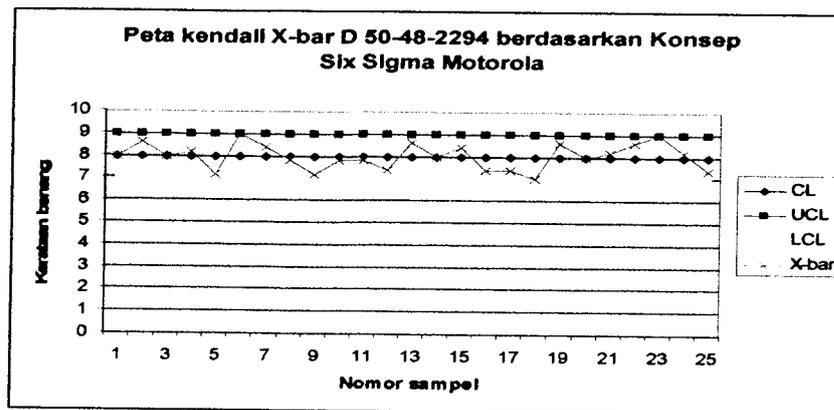
$$S_{\max} = \left[\frac{1}{2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times (UCL - LCL)$$

$$= \left[\frac{1}{2 \times 2.99} \right] \times (10 - 6) = 0.67$$

$$UCL = T + 1.5 S_{\max} = 8 + 1.5 (0.67) = 9.005$$

$$LCL = T - 1.5 S_{\max} = 8 - 1.5 (0.67) = 6.995$$

Peta pengendali \bar{x} berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola adalah sebagai berikut :



Gambar 4.14 Peta Kendali \bar{x} Kerataan Benang Berdasarkan Konsep *Six Sigma* Motorola

4.2.1.3.2 Menentukan Kapabilitas Proses

4.2.1.3.2.1 Berat Benang D 50-48-2294 (spesifikasi 7000 ± 25 gram)

$$\begin{aligned} Cpm &= (UCL-LCL) / \left\{ 6\sqrt{(\bar{x} - T)^2 + S^2} \right\} \\ &= (7025 - 6975) / \left\{ 6\sqrt{(6998.89 - 7000)^2 + 14.136^2} \right\} \\ &= 50 / (6 \sqrt{201.058596}) = 0.588 \end{aligned}$$

Karena $Cpm < 1.00$ yaitu $0.588 < 1.00$ maka proses dianggap tidak mampu dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global.

$$\begin{aligned} Cpk &= \text{minimum} \left[\frac{Xbar - LCL}{3S}, \frac{UCL - Xbar}{3S} \right] \\ &= \text{minimum} \left[\frac{6998.89 - 6975}{3 \times 14.136}, \frac{7025 - 6998.89}{3 \times 14.136} \right] \\ &= \text{minimum} (0.563, 0.616) \end{aligned}$$

$$= 0.563$$

$$\begin{aligned} C_{pmk} &= \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + \{(Xbar - T)/S\}^2}} \\ &= \frac{0.563}{\sqrt{1 + \{(6998.89 - 7000)/14.136\}^2}} \\ &= 0.561 \end{aligned}$$

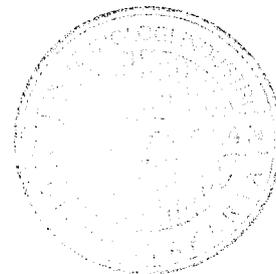
4.2.1.3.2.2 Kerataan Benang D 50-48-2294 (spesifikasi 8 ± 2 mm)

$$\begin{aligned} C_{pm} &= (UCL - LCL) / \left\{ 6 \sqrt{(x - bar - T)^2 + S^2} \right\} \\ &= (10 - 6) / \left\{ 6 \sqrt{(8.008 - 8)^2 + 1.1^2} \right\} \\ &= 4 / (6 \sqrt{1.210064}) = 0.61 \end{aligned}$$

Karena $C_{pm} < 1.00$ yaitu $0.61 < 1.00$ maka proses dianggap tidak mampu dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global.

$$\begin{aligned} C_{pk} &= \text{minimum} \left[\frac{Xbar - LCL}{3S}, \frac{UCL - Xbar}{3S} \right] \\ &= \text{minimum} \left[\frac{8.008 - 6}{3 \times 1.1}, \frac{10 - 8.008}{3 \times 1.1} \right] \\ &= \text{minimum} (0.608, 0.604) \\ &= 0.604 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{pmk} &= \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + \{(Xbar - T)/S\}^2}} \\ &= \frac{0.604}{\sqrt{1 + \{(8.008 - 8)/1.1\}^2}} \\ &= 0.604 \end{aligned}$$



4.2.1.3.3 Perhitungan Biaya Total Produksi

4.2.1.3.3.1 Biaya Produksi

Perhitungan biaya produksi difokuskan pada produk benang *nylon D 50-48-2294* karena memiliki persentase kecacatan yang paling besar, yaitu sebesar 10.58%. Biaya produksi yang dikeluarkan oleh perusahaan meliputi biaya tenaga listrik, biaya pembelian *oil* untuk benang pada mesin *extruder*, biaya upah operator dan operator *packaging*, serta biaya pembelian FD Chip dan bobbin .

Biaya produksi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya listrik sebulan} + \text{Biaya } \textit{oil} \text{ sebulan} + \text{Upah operator sebulan} + \text{Upah} \\
 &\quad \text{operator } \textit{packaging} \text{ sebulan} + \text{Biaya pembelian FD Chip} + \text{Biaya pembelian} \\
 &\quad \text{bobbin} \\
 &= (\$ 20 \times 30 \text{ hari}) + (\$ 7 \times 30 \text{ hari}) + (\$ 8 \times 30 \text{ hari}) + (\$ 3 \times 30 \text{ hari}) + (\$ 5 \times \\
 &\quad (7984 + 845) \text{ unit}) + (\$ 0.5 \times (7984 + 845) \text{ unit}) \\
 &= \$ 49699.5
 \end{aligned}$$

4.2.1.3.3.2 Biaya Kegagalan Kualitas

Perhitungan biaya kegagalan dalam penelitian ini difokuskan pada produk benang *nylon D 50-48-2294* yang tidak memenuhi spesifikasi (cacat). Perhitungan biaya kegagalan kualitas untuk produk tersebut dilakukan pada bagian *buffer reject* untuk mengetahui seberapa banyak terjadinya produk cacat dalam sebulan.

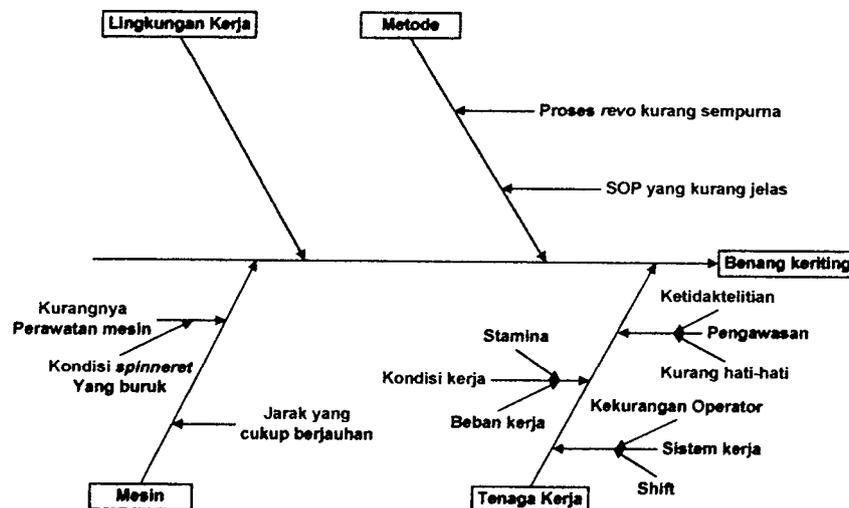
$$\begin{aligned}
 \text{Biaya kegagalan kualitas} &= \text{Jumlah produk cacat} + \text{Harga jual} \\
 &= 845 \text{ unit} \times \$ 15 \\
 &= \$ 12675
 \end{aligned}$$

4.2.1.3.4 Mengidentifikasi Sumber-Sumber serta Akar Penyebab Kecacatan

Jenis kecacatan produk yang terjadi pada produk D 50-48-2294 adalah benang keriting/bergelombang, benang tidak rata, benang berserabut dan benang putus, jenis-jenis cacat tersebut terjadi pada tahap proses yang antara lain disebabkan oleh beberapa faktor seperti lingkungan kerja, metode kerja, mesin, tenaga kerja dan material. Tetapi pada produk D 50-48-2294 ini faktor material tidak menyebabkan terjadinya kecacatan, karena sebelum dilakukan produksi, material yang akan dipakai telah dilakukan inspeksi terlebih dahulu. Dan dari faktor-faktor tersebut dapat diidentifikasi sumber dan akar penyebab kecacatan dan pemborosan, sehingga dapat digambarkan pada diagram sebab akibat adalah sebagai berikut :

4.2.1.3.5 Diagram Sebab Akibat Untuk Produk Cacat

1. Benang keriting

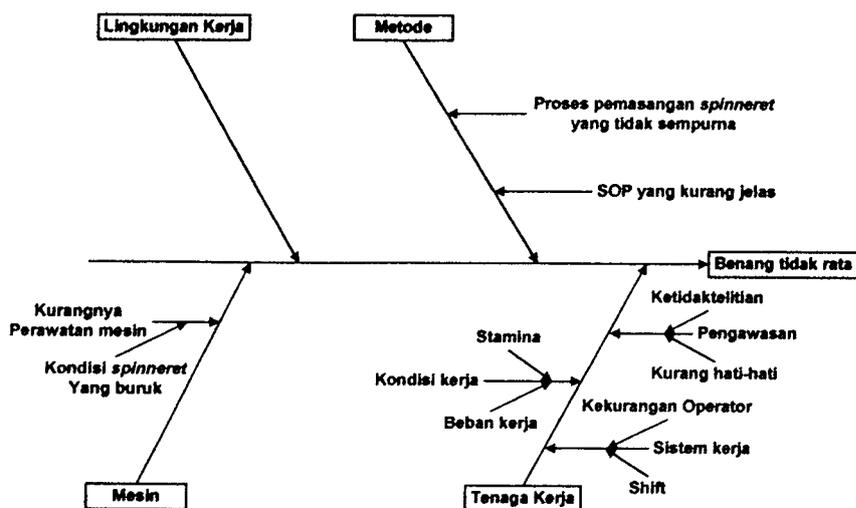


Gambar 4.15 Diagram Sebab Akibat Cacat Benang Keriting

Dari diagram di atas, dapat diketahui bahwa penyebab cacat yang paling utama adalah kondisi mesin yang buruk dan tidak jelasnya SOP (*Standar Operation*

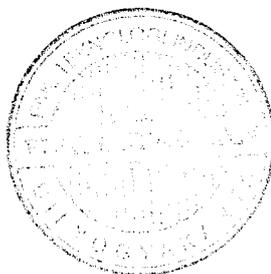
Process) yang ada. Hal ini menyebabkan para pekerja menjadi kurang hati-hati dan kurang teliti dalam melakukan pekerjaannya.

2. Benang tidak rata

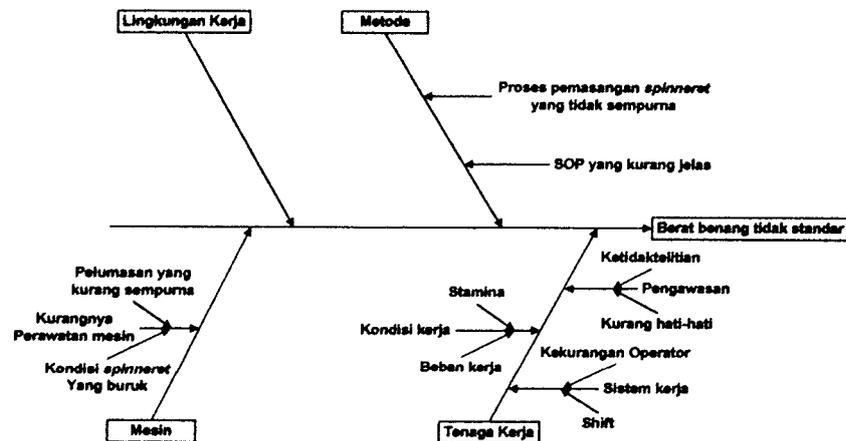


Gambar 4.16 Diagram Sebab Akibat Cacat Benang Tidak Rata

Benang tidak rata dapat disebabkan karena proses pencetakan benang yang tidak sempurna, dimana pencetakan benang dilakukan dilakukan dengan spesifikasi tertentu, yaitu dengan spesifikasi 8 ± 2 mm. Jadi bila ukuran produk di luar batas spesifikasi tersebut, maka akan menjadi barang cacat dan akan dilakukan *recycle*. Selain itu, ketidakjelasan SOP menjadi salah satu penyebab dari cacat jenis ini. Karena operator menjadi kurang hati-hati dan kurang teliti dalam melakukan pekerjaannya.



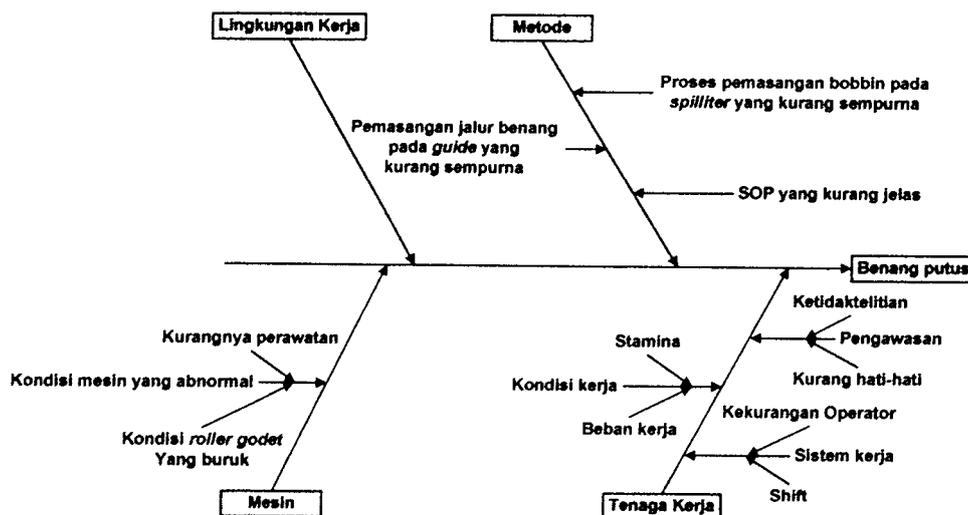
3. Berat benang tidak standar



Gambar 4.17 Diagram Sebab Akibat Cacat Berat Benang Tidak Standar

Berat benang tidak standar dapat disebabkan karena proses pencetakan benang yang tidak sempurna, dimana pencetakan benang dilakukan dengan spesifikasi tertentu, yaitu dengan spesifikasi 7000 ± 25 gram. Jadi bila berat produk di luar batas spesifikasi tersebut, maka akan menjadi barang cacat dan akan dilakukan *recycle*. Selain itu, ketidakjelasan SOP menjadi salah satu penyebab dari cacat jenis ini. Karena operator menjadi kurang hati-hati dan kurang teliti dalam melakukan pekerjaannya.

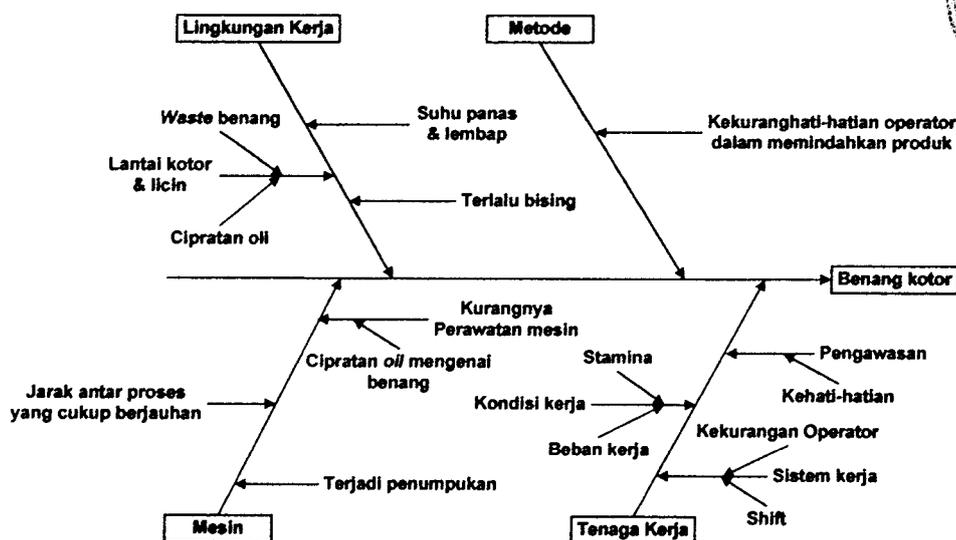
4. Benang putus



Gambar 4.18 Diagram Sebab Akibat Cacat Benang Putus

Faktor penyebab yang disebabkan tenaga kerja pada cacat benang putus, salah satunya adalah ketidakteelitian dari operator dalam melakukan proses pemasangan jalur benang pada *guide* dan pemasangan bobbin pada *spilliter* yang berakibat benang menjad mudah putus. Ketidakteelitian ini bisa disebabkan karena faktor kelelahan, dimana para pekerja yang ada bekerja selama 8 jam dengan waktu istirahat hanya 1 jam dan juga kejenuhan operator dalam bekerja karena melakukan kegiatan yang sama setiap hari serta kurang komunikasinya antar operator saat pergantian shift. Selain itu, tidak jelasnya SOP dan kondisi mesin yang abnormal menjadi faktor penyebab cacat jenis ini. Akibatnya, terdapat cacat benang putus, karena perusahaan menilai produk yang dimaksud tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan perusahaan sehingga perlu dilakukan *recycle*.

5. Benang kotor



Gambar 4.19 Diagram Sebab Akibat Cacat Benang Kotor

Berdasarkan diagram di atas, dapat diketahui bahwa penyebab utama dari cacat ini adalah faktor lingkungan dimana benang menjadi kotor selain diakibatkan oleh *oil* dari mesin OSP juga disebabkan karena kekuranghati-hatian

operator dalam memindahkan produk dari satu proses ke proses selanjutnya yang tanpa disadari bahwa tangan operator tersebut kotor dan juga karena jarak antar proses yang cukup berjauhan menyebabkan produk semakin rentan terhadap perubahan lingkungan.

4.2.1.4 Tahap *Improve*

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat menentukan tindakan selanjutnya dalam peningkatan kualitas *Six Sigma* dengan menggunakan metode *Lean*, yaitu dengan mengidentifikasi dan mengeliminasi seluruh pemborosan. Berikut adalah tahapan untuk mengidentifikasi pemborosan berdasarkan prinsip *lean* yaitu :

1. Mengidentifikasi nilai produk berdasarkan prespektif pelanggan

Dalam mengidentifikasi nilai produk berdasarkan prespektif pelanggan sebaiknya mengetahui apa yang diinginkan pelanggan pada produk yang akan dipesan. Dan pada dasarnya pelanggan menginginkan produk yang berkualitas baik. Pada PT. ITS khususnya departement NFY pada periode bulan Juni 2009 pelanggan memesan produk benang nylon D 50-48-2294, dengan spesifikasi seperti berikut :

Pelanggan memesan benang *nylon* dengan 48 filamen dan berwarna putih mengkilap dengan berat 7.5 kg. Selain itu pelanggan juga menghendaki produk benang *nylon* yang dipesannya mempunyai tingkat kualitas yang baik dikarenakan dengan mempunyai tingkat kualitas tersebut perusahaan akan terus mendapat kepercayaannya dari pelanggan dan tidak akan dirugikan apabila pelanggan puas dengan hasil produksi.

Diluar spesifikasi diatas yang dapat dipenuhi oleh perusahaan, pada kenyataanya keinginan pelanggan tidak sepenuhnya dapat terpenuhi dikarenakan adanya *defect* (cacat). Dan cacat yang dihasilkan disebabkan bukan terletak pada materialnya tetapi

pada saat tahap proses, dikarenakan sebelum masuk pada proses produksi, material yang akan dipakai telah melalui tahap pengendalian *raw material* terlebih dahulu.

Dan berdasarkan hasil dari perhitungan CTQ yang telah dilakukan jenis cacat yang sering muncul pada saat proses produksi adalah benang keriting, benang berserabut, benang tidak rata, benang putus, dan benang kotor dimana keempat jenis cacat tersebut masuk dalam proses produksi *Spinning* OSP. Erat hubungannya antara keinginan konsumen dengan cacat yang ada pada proses produksi *Spinning* OSP, yaitu pada tingkat kualitas apakah benang tersebut baik atau cacat.

2. Mengidentifikasi aliran proses

Didapatkan dari hasil identifikasi diatas aliran proses yang dapat diidentifikasi adalah aliran proses pada proses *spinnret* dan proses *drawing twisting*. Dikarenakan pada proses tersebut terdapat banyak cacat yang sering muncul dan berhubungan dengan tingkat kualitas produk yang diinginkan pelanggan yaitu produk benang yang berkualitas baik. Berikut adalah aliran proses pada masing-masing proses yaitu :

a.. Proses *Spinneret*

Proses *spinneret* adalah proses pencetakan benang (*filament*) dari polimer cair setelah *raw material* (FD Chip) melewati proses *extruder*, dan berikut adalah aliran proses pada proses *spinneret* :

- a. FD Chip yang telah dipanaskan di proses *extruder* dikirim ke *spinneret* untuk dicetak.
- b. Diperiksa apakah posisi *spinneret* telah benar atau belum? Jika belum maka harus segera dilakukan *action*.
- c. Pencetakan *filament* benang.
- d. Pendinginan benang dengan suhu sekitar $\pm 20^0$ C.
- e. Pemasangan benang pada *guide*.

- f. Diperiksa apakah benang telah di berada di jalurnya atau belum? Jika belum jalur benang maka harus segera dilakukan *action*.
- g. Pelumasan (*oiling*) benang, dimaksudkan untuk mengurangi listrik sintetis pada benang akibat bergesakan dengan *guide*.

a. Proses *Drawing Twisting*

Sedangkan proses *drawing twisting* adalah proses penggulungan benang pada bobbin setelah melalui proses *spinneret*. Berikut adalah aliran proses pada proses *drawing twisting* :

- a. Bobbin dipasang pada *winder*.
- b. Diperiksa apakah pemasangan bobbin pada *winder* telah sempurna belum? Jika belum maka harus segera dilakukan *action*.
- c. Set-up kekuatan tarik benang (*roller godet*).
- d. Diperiksa apakah penyettingan *rolet godet* telah sempurna belum? Jika belum maka harus segera dilakukan *action*.
- e. Benang secara otomatis akan tergulung pada bobbin.
- f. Setelah waktu proses selesai, mesin secara otomatis akan berputar dan diganti dengan bobbin yang baru.
- g. Produk *drawn yarn* yang sudah jadi kemudian diperiksa secara visual apakah terdapat cacat atau tidak.

3. Menghilangkan aktivitas pemborosan yang tidak bernilai tambah

Pemborosan (*waste*) merupakan aktivitas yang tidak mempunyai nilai tambah dari semua aktivitas sepanjang aliran proses. Oleh karena itu sebelum menentukan aktivitas yang tidak bernilai tambah atau *Non-value added activities* (NVA) dilakukan terlebih dahulu identifikasi pemborosan terhadap aliran proses pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting*.

4. Mengidentifikasi pemborosan (*waste*)

Identifikasi pemborosan pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting* dilakukan berdasarkan "*Seven plus One*" *Types of Waste* yaitu tujuh jenis pemborosan berdasarkan jenis-jenisnya dan akar penyebabnya. Jenis pemborosan pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting* didapatkan dari identifikasi yang berdasarkan nilai DPMO adalah jenis pemborosan pada *process*. Berikut adalah akar penyebab pemborosan pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting* :

a. Proses *Spinneret*

Untuk tipe pemborosan *process* pada proses *spinneret* berdasarkan perhitungan *baseline* kinerja didapatkan nilai DPMO sebesar 35833.33 dengan nilai *sigma* 3.30 sehingga dapat diketahui bahwa jumlah *defect* yang terjadi pada proses *spinneret* mengakibatkan adanya penambahan aktivitas yang tidak efisien (pemborosan).

b. Proses *Drawing Twisting*

Untuk tipe pemborosan *process* pada proses *drwaning twisting* berdasarkan perhitungan *baseline* kinerja didapatkan nilai DPMO sebesar 46875 dengan nilai *sigma* 3.18 sehingga dapat diketahui bahwa jumlah *defect* yang terjadi pada proses *drawing twisting* mengakibatkan adanya penambahan aktivitas yang tidak efisien (pemborosan).

5. Analisa penyebab terjadinya pemborosan

Setelah mengidentifikasi pemborosan, maka perlu menentukan tindakan perbaikan dengan menggunakan metode 5W + 2H (*What, Why, Where, When, Who, How, dan How Much*). Sehingga dapat diketahui akar penyebab dan usulan perbaikan yang akan diajukan pada perusahaan. Adapun tindakan menggunakan 5W + 2H adalah sebagai berikut :

1. *What?* (Apa masalah yang menyebabkan pemborosan dan *defect*)?

Masalah yang menyebabkan pemborosan terjadi dikarenakan adanya penambahan aktivitas pengerjaan ulang (*rework*) pada tiap proses dan *defect*. Penambahan aktivitas tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Terdapat pemasangan ulang terhadap posisi *spinneret* pada mesin.
- b. Terdapat pengerjaan ulang pemasangan benang pada *guide*.
- c. Terdapat pemasangan ulang terhadap posisi bobbin pada *winder*.
- d. Terdapat penyettingan *roller godet* kembali.

Selain itu, pada aliran proses produksi ini juga terjadi pemborosan berupa *overproduction* yaitu berupa adanya penumpukan barang pada proses *sorting*. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan kapasitas pada masing-masing proses sehingga aliran produksi kurang seimbang. Di samping itu, pada proses ini terjadi kekurangan operator sehingga produk yang ada harus menunggu untuk diproses dan terjadi penumpukan. Bentuk pemborosan lain adalah jauhnya jarak antara proses yang satu dengan yang lainnya, sehingga akan memakan waktu untuk mengirim produk dari satu proses ke proses lainnya.

Kemudian adanya *defect* benang tidak rata, benang keriting, berat benang tidak satandar, dan benang putus juga menjadi salah satu bentuk pemborosan yang ada pada proses. Cacat-cacat ini tentu akan memerlukan perbaikan sehingga akan memakan waktu dan biaya lagi. Dan dampak akibat pemborosan-pemborosan ini tentu dapat merugikan perusahaan.

2. *Where?* (Dimana terjadinya penambahan aktivitas pemborosan)?

Penambahan aktivitas pemborosan terjadi pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting*. Berikut adalah aktivitas tambahan berdasarkan masing-masing proses :

a. Proses *spinneret*

Pada proses ini hanya terdapat dua macam pemborosan yaitu adanya pengerjaan ulang pemasangan *spinneret* pada mesin dan pengerjaan ulang pemasangan benang pada *guide*.

b. Proses *drawing twisting*

Pada proses ini hanya terdapat dua macam pemborosan yaitu pengerjaan ulang pemasangan bobbin pada *winder* dan penyettingan *roller godet* kembali.

3. *Who?* (Siapa penanggung jawab pada proses tersebut)?

Yang menjadi penanggung jawab pada setiap proses adalah operator dan mekanik, dimana mempunyai tugas untuk menset-up mesin dan mengawasi jalannya mesin sesuai dengan SOP yang sudah ada. Dikarenakan cacat terbesar disebabkan oleh penyettingan mesin yang kurang pas atau tidak sesuai SOP akibat beban kerja yang cukup tinggi dan kondisi mesin yang *abnormal*.

4. *When?* (Kapan pemborosan tersebut terjadi)?

Pemborosan terjadi apabila di dalam proses *spinneret* dan proses *drawing twisting*, mesin tidak dapat bekerja secara maksimal sehingga menyebabkan terjadi pemborosan (*waste*) yang berupa aktivitas tambahan dan *defect* (produk cacat).

5. *Why?* (Kenapa terjadi penambahan aktivitas pada proses *spinneret* dan proses *drawing twsiting*)?

Penambahan aktivitas pada proses *spinneret* dan proses *drawing twsiting* dikarenakan oleh beberapa penyebab seperti berikut :

a. Proses *spinneret*

Penyebab pemasangan ulang *spinneret* dan pengerjaan ulang pemasangan benang pada *guide* terjadi dikarenakan adanya penyetelan atau setting

spinneret dan aliran benang yang tidak pas, sehingga mengakibatkan cacat pada benang yaitu benang tidak rata dan benang keriting akibat kondisi maupun posisi *spinneret* yang buruk, sedangkan cacat benang berserabut terjadi akibat bergesekan dengan benda asing selain *guide*.

b. Proses *drawing twisting*

Penyebab terjadinya pemasangan ulang bobbin pada *winder* akibat operator kurang teliti sehingga menyebabkan benang tidak tergulung sempurna ke bobbin, sedangkan penyettingan ulang pada *roller godet* dikarenakan kondisi *roller godet* yang sudah buruk sehingga dapat menyebabkan benang menjadi mudah putus.

6. *How?* (Bagaimana perbaikan tersebut dilaksanakan)?

Untuk saran perbaikan kualitas dilaksanakan dengan memberikan usulan perbaikan ke perusahaan. Berikut adalah usulan perbaikan yang akan diberikan ke perusahaan :

a. Untuk Mesin

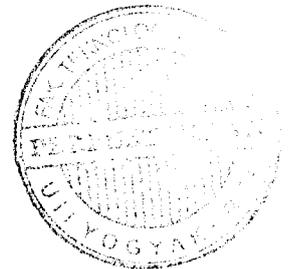
- i. Dilakukan *maintenance* mesin baik periodik maupun *overhaul* dengan lebih tepat waktu.
- ii. Dilakukan modifikasi mesin pada rumah *spinneret* sehingga dapat lebih cepat dan lebih pas saat pergantian *spinneret* serta pemberian tanda pada *roller godet* sehingga lebih mudah terdeteksi jika terjadi abnormal.
- iii. Perlu dilakukannya *relayout* mesin pada proses *sorting*. Jarak antara satu proses dengan proses lainnya pada bagian *sorting* menyebabkan aliran lini produksi menjadi kurang seimbang sehingga terjadi penumpukan pada satu proses dan hanya akan memperlama waktu produksi.

b. Untuk Tenaga Kerja

- i. Melakukan koordinasi antar operator sebelum maupun sesudah pergantian shift. Hal ini dilakukan agar operator mengetahui permasalahan yang terjadi pada stasiun kerjanya sebelum dia bekerja.
- ii. Melakukan penambahan operator guna menurunkan beban kerja. Ini dilakukan agar tidak terjadi penumpukan di satu proses sehingga mampu mengurangi pemborosan waktu dan biaya produksi.

c. Untuk Metode Kerja

- i. Penyempurnaan SOP untuk menghilangkan pemborosan dan resiko terjadinya *defect* tanpa mengesampingkan prosedur keselamatan kerja.
- ii. Perubahan *value stream* pada proses *spinneret* dan *drawing twisting* yaitu menjadi :
 1. FD Chip yang telah dipanaskan di proses *extruder* dikirim ke *spinneret* untuk dicetak.
 2. Pemasangan *spinneret* pada mesin.
 3. Pencetakan *filament* benang.
 4. Pendinginan benang dengan suhu sekitar $\pm 20^{\circ}$ C.
 5. Pemasangan benang pada *guide*.
 6. Pelumasan (*oiling*) benang, dimaksudkan untuk mengurangi listrik sintesis pada benang akibat bergesekan dengan *guide*.
 7. Bobbin dipasang pada *winder*.
 8. Set-up kekuatan tarik benang (*roller godet*).
 9. Benang secara otomatis akan tergulung pada bobbin.
 10. Setelah waktu proses selesai, mesin secara otomatis akan berputar dan diganti dengan bobbin yang baru.



11. Produk *drawn yarn* yang sudah jadi kemudian diperiksa secara visual apakah terdapat cacat atau tidak.
 12. Dilakukan proses *revo* (proses pengecekan mesin dan aliran benang secara keseluruhan).
- iii. Operator saat melakukan *action* diwajibkan didampingi oleh minimal seorang operator agar jika suatu saat terjadi kecelakaan kerja dapat segera dilakukan pertolongan pertama.
- d. Untuk Lingkungan
- i. Selalu menjaga kebersihan lingkungan, suhu dan kelembapan udara di area stasiun kerja.
 - ii. Selalu membuang *waste* benang pada tempat yang telah disediakan.
 - iii. Selalu merapikan alat-alat kerja pada tempatnya setelah digunakan.

7. *How Much?* (Berapakah biayanya)?

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya produksi dan biaya kegagalan kualitas yang harus ditanggung perusahaan adalah sebesar \$ 49699.5 dan \$ 12675 atau jika dijumlahkan sebesar \$ 62374.5. Sehingga setiap unit harus menanggung biaya total produksi sebesar \$ 7.812/unit.

4.2.1.5 Tahap *Control*

Tahap ini merupakan tahap operasional terakhir dimana pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam meningkatkan proses. Setelah memberikan usulan perbaikan ke perusahaan sebaiknya dilakukan kontrol terhadap usulan-usulan tersebut.

Sesuai dengan hasil dari analisa di atas maka kontrol untuk usulan perbaikan yang diajukan ke perusahaan adalah dibuatnya lembar *maintenance* periodik check

dan lembar *overhaul* periodik check untuk mesin, penyempurnaan dan pemberian SOP secara tertulis yang jelas saat melakukan *action*, dibuatnya lembar pengecekan suhu dan kelembapan udara secara berkala, serta lembar data produk cacat harian. Dengan adanya kontrol tersebut maka dapat diketahui tingkat variansi terjadinya cacat produk pada proses dan sebagai bahan pertimbangan kebijakan peningkatan kualitas.

4.2.2 Metode Simulasi

4.2.2.1 Distribusi Data Stat Fit

Distribusi data dilakukan untuk mencari distribusi data input yang sesuai dengan menggunakan Stat Fit sebagai *tool* pembantu dari *Software* ProModel. Contoh tahapan pencarian distribusi yang sesuai untuk waktu proses adalah sebagai berikut:

1. Diketahui data waktu proses *keba* (dalam detik) :

Tabel 4.19 Tabel Waktu Proses *Keba*

2.53	2.45	2.13	2.45	2.64	2.37
2.50	2.47	2.58	2.59	2.29	2.38
2.28	2.38	2.47	2.13	2.24	2.30
2.20	2.26	2.41	2.49	2.32	2.29
2.16	2.47	2.16	2.37	2.21	2.40

2. Melakukan tes kecukupan data dan keseragaman data :

- a. Tes kecukupan data

$$\sum X = 70.92 \quad k = 95\% \approx 2$$

$$(\sum X)^2 = 5029.65 \quad s = 5\%$$

$$\sum X^2 = 168.24$$

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2 = \left[\frac{2/0.05 \sqrt{30 \times 168.24 - 5029.65}}{70.92} \right]^2 = 5.57$$

Untuk perhitungan data pengamatan pada masing-masing proses selanjutnya dengan cara yang sama diperoleh hasilnya terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.20 Tabel Kecukupan Data

Proses	Jumlah Data Pengamatan (N)	Jumlah Data Teoritis (N')	Keterangan (N' < N) Artinya data cukup
1. <i>Keba</i>	30	5.57	data cukup
2. <i>Ospirator</i>	30	27.56	data cukup
3. <i>Perajutan</i>	30	6.1	data cukup
4. <i>Buncing</i>	30	27.77	data cukup
5. <i>Penimbangan</i>	30	27.77	data cukup
6. <i>Packaging</i>	30	28.62	data cukup

b. Tes keseragaman data

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

$$\bar{X} = 2.36$$

$$SD = \frac{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}}{n-1}$$

$$SD = 0.14$$

$$UCL = \bar{X} + 2 \times SD$$

$$= 2.36 + 2 \times 0.14 = 2.64$$

$$LCL = \bar{X} - 2 \times SD$$

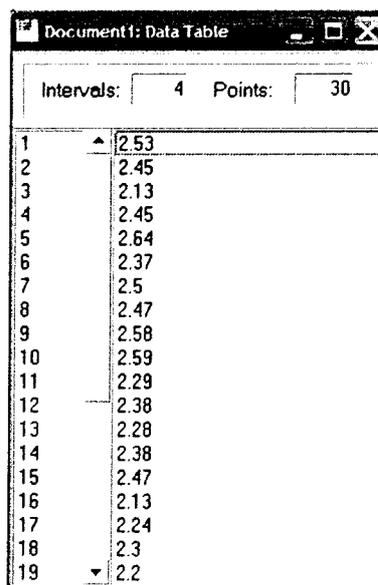
$$= 2.36 - 2 \times 0.14 = 2.08$$

Untuk perhitungan data pengamatan pada masing-masing proses selanjutnya dengan cara yang sama diperoleh hasilnya terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.21 Tabel Keseragaman Data

Proses	\bar{X}	UCL	LCL	Keterangan
1. <i>Keba</i>	2.36	2.64	2.08	Data Seragam
2. <i>Ospirator</i>	22.04	27.92	16.16	Data Seragam
3. <i>Perajutan</i>	36.99	41.63	32.35	Data Seragam
4. <i>Buncing</i>	2.85	3.61	2.09	Data Seragam
5. <i>Penimbangan</i>	2.85	3.61	2.09	Data Seragam
6. <i>Packaging</i>	14.95	19.01	10.89	Data Seragam

3. Memasukkan data tersebut ke *tools* ProModel yaitu Stat Fit, untuk mencari distribusi waktu yang sesuai :



Intervals:	Points:
4	30
1	2.53
2	2.45
3	2.13
4	2.45
5	2.64
6	2.37
7	2.5
8	2.47
9	2.58
10	2.59
11	2.29
12	2.38
13	2.28
14	2.38
15	2.47
16	2.13
17	2.24
18	2.3
19	2.2

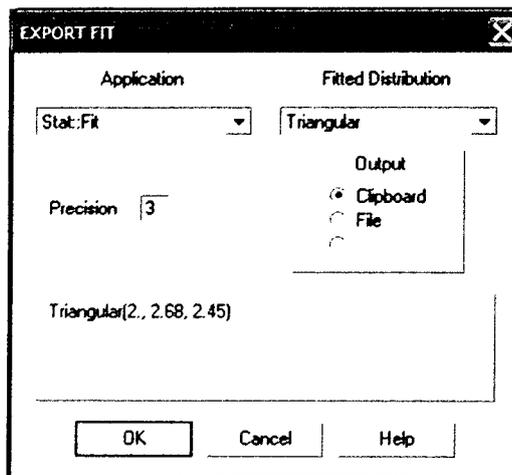
Gambar 4.20 Data Waktu Proses *Keba* Pada Stat Fit

Dari data tersebut, didapatkan distribusi yang sesuai, dengan menggunakan *Auto Fit* dan distribusi yang digunakan akan di *Export Fit* terlebih dahulu untuk selanjutnya akan digunakan pada *software* ProModel.

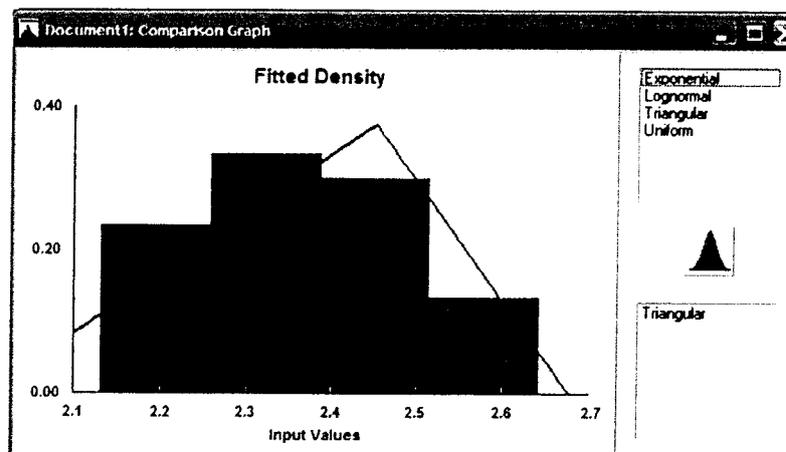
Document1: Automatic Fitting

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Triangular(2., 2.68, 2.45)	98.2	do not reject
Lognormal(2., -1.1, 0.441)	45.3	do not reject
Uniform(2., 2.64)	1.58	reject
Exponential(2., 0.364)	3.17e-002	reject

Gambar 4.21 Distribusi Data Proses *Keba* Pada Stat FitGambar 4.22 *Export Fit* Pada Stat Fit

4. Dari Hasil Stat Fit, diketahui bahwa distribusi data yang dimiliki oleh waktu proses *keba* adalah Triangular dengan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.23 Grafik Distribusi Triangular (2., 2.68, 2.45)

5. Setelah diketahui distribusi yang sesuai, maka nilai distribusi tersebut dimasukkan ke dalam *logic simulation* pada software ProModel.

Berikut adalah hasil pengolahan Stat Fit untuk semua proses :

Tabel 4.22 Tabel Uji Distribusi Waktu Proses

No.	Proses	Distribusi
1.	<i>Keba</i>	Triangular (2., 2.68, 2.45)
2.	Ospirator	Uniform (17., 26.3)
3.	Perajutan	Lognormal (32., 1.46, 0.617)
4.	<i>Buncing</i>	Lognormal (2., - 0.283, 0.503)
5.	Penimbangan	Lognormal (2., - 0.283, 0.503)
6.	<i>Packaging</i>	Triangular (11., 19.8, 14.2)

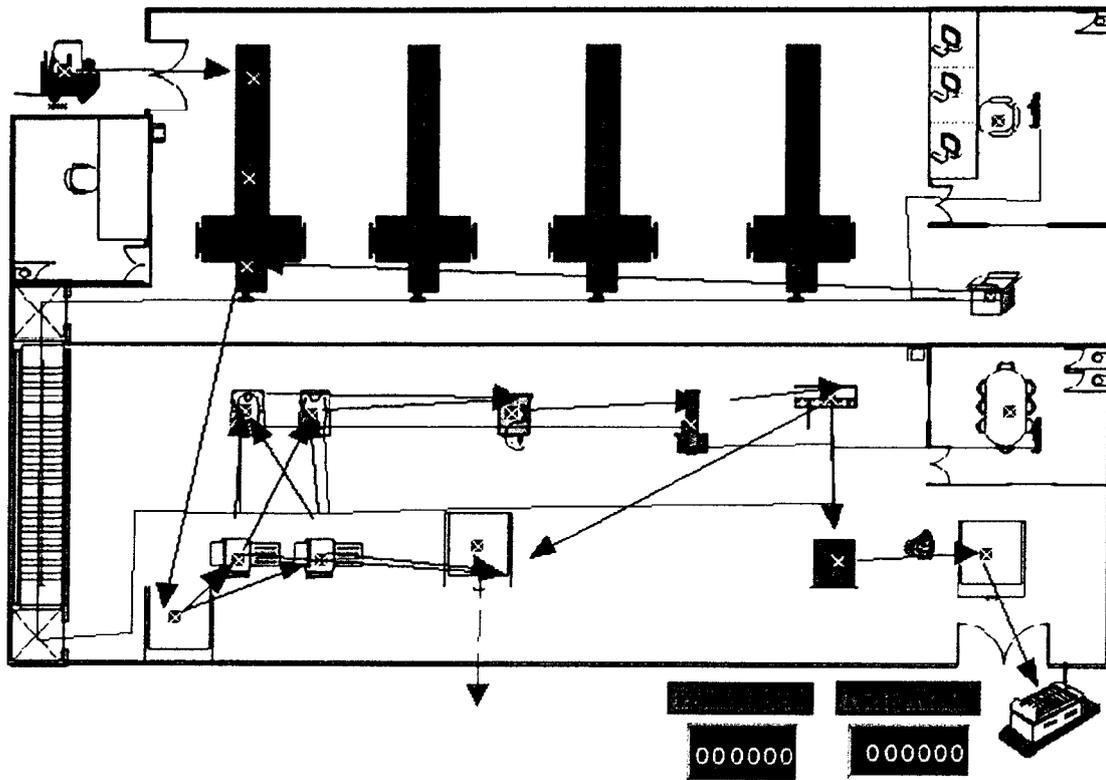
4.2.2.2 Membangun Model Simulasi Menggunakan *Software* ProModel 7.0

Dalam tahap pembangunan model simulasi ini diperlukan identifikasi bagian-bagian model simulasi yakni sebagai berikut :

1. Entitas adalah bahan baku yang diproses, yang diidentifikasi sebagai FD chip, bobbin, dan *drawn yarn*.
2. Atribut adalah jenis part yang mengalami beberapa proses yang berbeda, misalkan waktu kedatangan, waktu proses dan waktu transfer.
3. Variabel sistem diidentifikasi sebagai total produk baik dan beban kerja.
4. Sumber daya sistem adalah pekerja yang menangani/memproses entitas.
5. *Path Network* adalah alur/jalur untuk *resource* bergerak dan berpindah.
6. Kejadian (*event*) adalah sesuatu yang terjadi pada waktu tertentu yang kemungkinan menyebabkan perubahan terhadap atribut atau variabel. Ada 3 (tiga) kejadian umum dalam simulasi ini, yaitu *Arrival* (kedatangan), *Departure* (entitas meninggalkan sistem), dan *The End* (simulasi berhenti)
7. Replikasi mempunyai pengertian bahwa setiap menjalankan dan menghentikan simulasi dengan cara yang sama dan menggunakan set parameter input yang sama

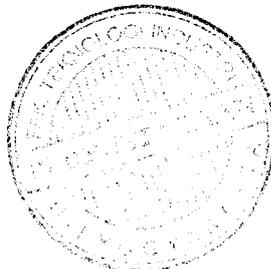
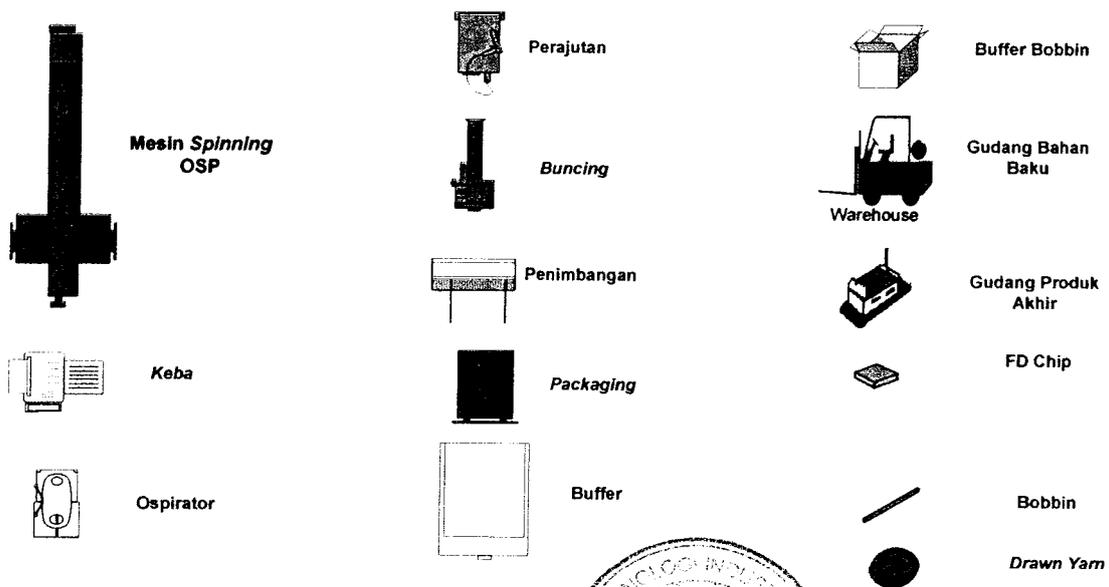
pula, tetapi menggunakan masukan bilangan random yang terpisah untuk membangkitkan waktu antar kedatangan dan pelayanan.

Keseluruhan pembangunan model awal dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.24 Gambar Simulasi Model Awal

Keterangan :



Tabel 4.23 Tabel Entitas dan Atribut Simulasi Model Awal

No.	Proses	Entitas	Atribut
1.	Gudang bahan baku	FD Chip	Waktu kedatangan = tiap 8 jam Waktu transfer = ± 180 detik
2.	Buffer bobbin	Bobbin	Waktu kedatangan = tiap 8 jam Waktu transfer = ± 42 detik
3.	Mesin <i>Spinning</i> OSP	FD Chip Bobbin <i>Drawn yarn</i>	Waktu proses = 4.05 jam Waktu transfer = ± 34.2 detik
4.	<i>Keba</i>	<i>Drawn yarn</i>	Waktu proses = berdistribusi triangular (2., 2.68, 2.45) Waktu transfer = ± 5.4 detik
5.	Ospirator	<i>Drawn yarn</i>	Waktu proses = berdistribusi uniform (17., 26.3) Waktu transfer = ± 7.8 detik
6.	Perajutan	<i>Drawn yarn</i>	Waktu proses = berdistribusi lognormal (32., 1.46, 0.617) Waktu transfer = ± 6.6 detik
7.	<i>Buncing</i>	<i>Drawn yarn</i>	Waktu proses = berdistribusi lognormal (2., -0.283, 0.503) Waktu transfer = ± 9 detik
8.	Penimbangan	<i>Drawn yarn</i>	Waktu proses = berdistribusi lognormal (2., -0.283, 0.503) Waktu transfer = ± 9.6 detik
9.	<i>Packaging</i>	<i>Drawn yarn</i>	Waktu proses = berdistribusi triangular (11., 19.8, 14.2) Waktu transfer = ± 8.5 detik
10.	Gudang produk akhir	<i>Drawn yarn</i>	Waktu transfer = ± 15 menit

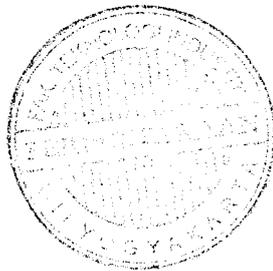
4.2.2.3 Menjalankan Program

Dengan menggunakan software ProModel 7.0, model yang telah dibuat tersebut dijalankan (*run*) dengan panjang replikasi sama dengan 30 hari jam kerja dimana output yang dihasilkan dengan belum mengetahui fase *steady state*.

4.2.2.4 Penentuan Fase *Steady State*

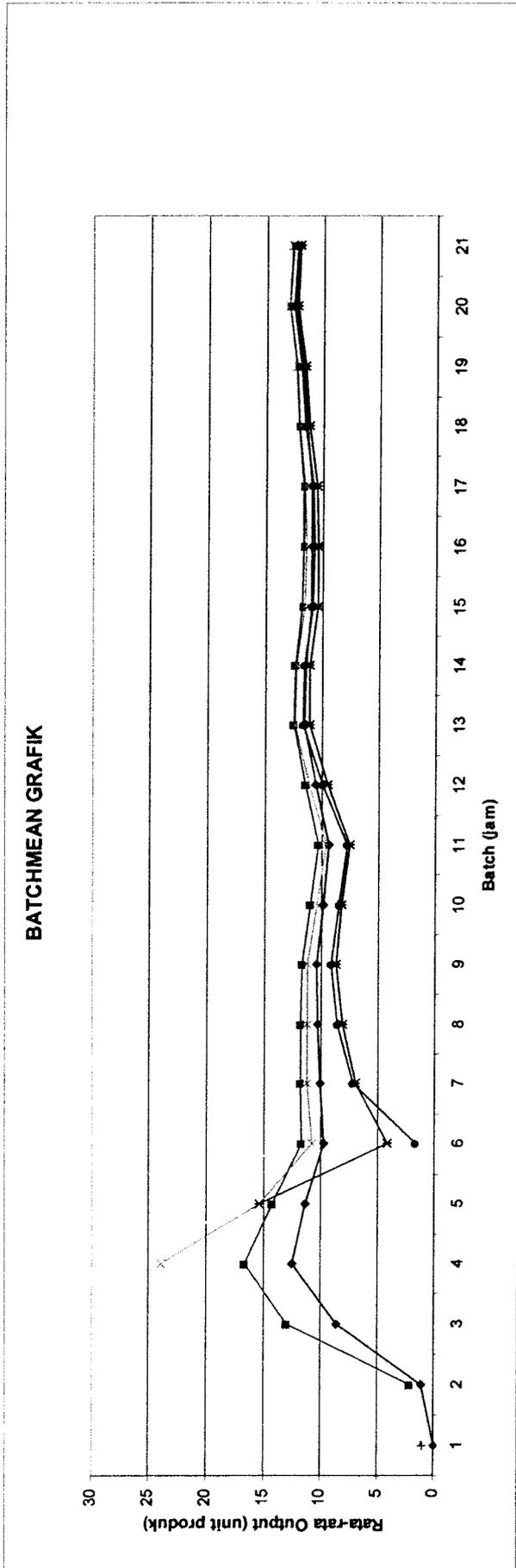
Simulasi sistem yang dilakukan merupakan sistem *non-terminating*, maka harus diketahui fase *steady state* karena pada fase itulah data output simulasi sudah mendekati stabil dan menjadi *valid* untuk diambil outputnya. Fase *steady state* dapat diketahui dari hasil simulasi sistem yang telah dijalankan. Perhitungan yang

digunakan untuk membantu dalam menentukan fase tersebut adalah dengan menggunakan *batch-mean method*, yang mana parameter yang digunakan adalah *total exit*/hasil produksi dari output simulasi ProModel. Ukuran *batch* yang dianalisa adalah tiap satuan shift dari lamanya tiap replikasi simulasi. Sedangkan analisa penentuan *batch* yang diamati adalah 1 hari. Sehingga *batch* yang terjadi adalah 21 *batch*. *Deletion* atau penghapusan sebagai tanda fase *transient* dilakukan sejumlah 5 penghapusan *batch*, yang kemudian dianalisa titik kapan *steady state* terjadi. Perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.24.



Tabel 4.24 Tabel data relatif *output* produksi tiap *batch*

Replikasi	Batch (jam)																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	2	24	23	8	2	12	11	11	6	4	21	24	11	4	10	12	21	15	24	26
2	0	2	22	26	2	2	13	13	11	6	4	23	25	11	4	10	12	19	16	24	0
3	0	2	25	23	10	2	12	11	12	5	4	24	23	11	4	11	11	19	16	22	0
4	0	2	24	24	5	2	13	10	12	6	2	23	25	10	4	9	13	21	16	25	0
5	0	3	23	24	7	2	13	11	11	6	4	24	24	11	4	11	12	20	17	23	21
6	0	2	24	25	0	2	13	11	12	6	4	25	22	9	5	11	11	17	16	24	24
7	0	3	23	24	7	1	12	12	10	6	4	24	24	10	5	11	12	19	17	24	0
8	0	2	24	24	10	1	14	11	12	5	5	23	22	12	4	12	12	19	17	22	0
9	0	2	25	24	9	2	13	12	11	6	5	22	25	11	4	10	11	21	15	25	0
10	0	2	25	23	10	1	13	12	10	6	4	25	24	11	4	11	11	21	15	24	0
Rata-rata	0.0	2.2	23.9	24.0	6.8	1.7	12.8	11.4	11.2	5.8	4.0	23.4	23.8	10.7	4.2	10.6	11.7	19.7	16.0	23.7	7.1
Deletion 0	0.0	1.1	8.7	12.5	11.4	9.8	10.2	10.4	10.4	10.0	9.4	10.6	11.6	11.6	11.1	11.0	11.1	11.6	11.8	12.4	12.1
Deletion 1		2.2	13.1	16.7	14.2	11.7	11.9	11.8	11.8	11.1	10.4	11.6	12.6	12.4	11.9	11.8	11.8	12.2	12.4	13.0	12.7
Deletion 2			23.9	24.0	18.2	14.1	13.8	13.4	13.1	12.2	11.3	12.5	13.5	13.3	12.6	12.5	12.4	12.9	13.0	13.6	13.3
Deletion 3				24.0	15.4	10.8	11.3	11.3	11.3	10.5	9.7	11.2	12.5	12.3	11.7	11.6	11.6	12.1	12.4	13.0	12.7
Deletion 4					15.4	4.3	7.1	8.2	8.8	8.3	7.7	9.6	11.2	11.2	10.5	10.5	10.6	11.3	11.6	12.3	12.0
Deletion 5						1.7	7.3	8.6	9.3	8.6	7.8	10.0	11.8	11.6	10.9	10.9	10.9	11.6	11.9	12.7	12.4



Gambar 4.25 Gambar Grafik Fase *Warm Up* – *Steady State*

Dari grafik yang telah ditampilkan di atas, dapat dianalisa bahwa fase *warm up* terjadi saat grafik *deletion* terlihat fluktuatif, maka dari 5 penghapusan yang dilakukan fase *steady state* terjadi setelah *batch* ke 6. Dimana grafik hampir mendekati suatu kestabilan. Dengan telah ditentukannya fase *steady state* maka pengambilan data dilakukan dengan memasukkan fase *warming up* selama 6 jam.

4.2.2.5 Output Hasil Simulasi Model Awal

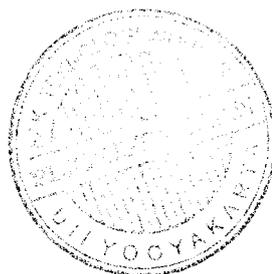
Hasil simulasi model awal adalah sebagai berikut :

Tabel 4.25 Tabel Hasil Simulasi Model Awal

Periode (hari)	Jumlah Produk Cacat (unit)	Total Produk (unit)	Periode (hari)	Jumlah Produk Cacat (unit)	Total Produk (unit)
1.	31	270	16.	34	267
2.	39	262	17.	26	275
3.	37	264	18.	45	256
4.	42	259	19.	35	266
5.	34	267	20.	33	268
6.	33	268	21.	31	270
7.	30	271	22.	45	256
8.	35	266	23.	27	274
9.	28	273	24.	28	273
10.	32	269	25.	42	259
11.	22	279	26.	39	262
12.	35	266	27.	31	270
13.	23	278	28.	27	274
14.	38	263	29.	32	269
15.	29	272	30.	34	267

4.2.2.6 Validasi Output Simulasi Model Awal

Program yang dijalankan dapat digunakan untuk menguji sensitifitas hasil dari model terhadap perubahan kecil pada parameter masukan, jika hasilnya berubah maka suatu estimasi yang baik harus diambil. Data dari hasil simulasi dapat dibandingkan dengan data sistem nyata untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sesuai. Dengan menggunakan metode uji dua rata-rata dan uji dua variansi, jika hasilnya baik maka program simulasi dinyatakan valid dan model dianggap merupakan representasi dari sistem nyatanya.



Tabel 4.26 Tabel Perbandingan Total Produk Model Simulasi Dengan Sistem Nyata

Periode (hari)	Sistem Nyata (unit)	Simulasi (unit)	Periode (hari)	Sistem Nyata (unit)	Simulasi (unit)
1	263	270	16	265	267
2	278	262	17	278	275
3	265	264	18	263	256
4	273	259	19	258	266
5	263	267	20	255	268
6	277	268	21	258	270
7	270	271	22	263	256
8	263	266	23	265	274
9	278	273	24	272	273
10	264	269	25	263	259
11	258	279	26	257	262
12	270	266	27	258	270
13	271	278	28	260	274
14	265	263	29	261	269
15	273	272	30	277	267

Tabel 4.27 Tabel *Descriptive Statistic* Sistem Nyata dan Hasil Simulasi

<i>Descriptive Statistic</i>	Simulasi	Sistem Nyata
<i>Mean</i>	267.767	266.133
<i>Standard Deviation</i>	5.894	7.06
<i>Sample Variance</i>	34.739	49.844
<i>Minimum</i>	256	255
<i>Maximum</i>	279	278
<i>Sum</i>	8033	7984
<i>Count</i>	30	30
<i>Confidence Level (95%)</i>	2.109	2.526

a. Uji Dua Rata-Rata

Simulasi:

Nyata:

$$\bar{x}_1 = 267.767$$

$$\bar{x}_2 = 266.133$$

$$v_1 = 5.894$$

$$v_2 = 7.06$$

$$v_1^2 = 34.739$$

$$v_2^2 = 49.844$$

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

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

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 =$ ada perbedaan yang signifikan antara sistem simulasi dan nyata

$\alpha = 0.05,$

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

$$S_p = \frac{(n_1 - 1)v_1^2 + (n_2 - 1)v_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \sqrt{\frac{(30 - 1)34.739 + (30 - 1)49.844}{30 + 30 - 2}}$$

$$S_p = 6.503$$

$$T_{\text{hit}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$= \frac{267.767 - 266.133}{6.503 \sqrt{\frac{1}{30} + \frac{1}{30}}}$$

$$= 0.973$$

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

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

Oleh karena $-t_{\alpha/2} < T < t_{\alpha/2}$ yaitu $-1.96 < 0.973 < 1.96$, maka H_0 diterima sehingga diambil kesimpulan bahwa kedua populasi memiliki rata-rata yang sama.

b. Uji Dua Variansi

Jika, $\sigma_1^2 =$ variansi dari sistem simulasi

$\sigma_2^2 =$ variansi dari sisten nyata, maka dapat dibuat hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara sistem simulasi dengan sistem nyata.

$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ artinya ada perbedaan yang signifikan antara sistem simulasi dengan sistem nyata.

H_0 tidak ditolak apabila $f_{1-\alpha/2}(v_1, v_2) \leq F \leq f_{\alpha/2}(v_1, v_2)$

Dengan rumus :

$$F = \frac{(v_1^2 / \sigma_1^2)}{(v_2^2 / \sigma_2^2)} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \times \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$$

Karena $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$ maka rumus di atas berubah menjadi :

$$F = \frac{v_1^2}{v_2^2} \text{ dengan } v_1^2 > v_2^2$$

Maka diperoleh nilai F dengan perhitungan sebagai berikut :

$$F = \frac{49.844}{34.739} = 1.435$$

Dengan $\alpha = 0,05$ dan $v_1 = n_1 - 1$ serta $v_2 = n_2 - 1$,

maka diperoleh nilai $f_{1-\alpha/2}(v_1, v_2) = 0.476$ dan $f_{\alpha/2}(v_1, v_2) = 2.101$

Karena $f_{1-\alpha/2}(v_1, v_2) \leq F \leq f_{\alpha/2}(v_1, v_2)$, yaitu $0.476 \leq 1.435 \leq 2.101$, maka H_0 diterima artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua variansi. Sehingga dari uji statistik di atas, model simulasi yang telah dijalankan dapat menjadi representasi dari sistem nyata.

4.2.2.7 Membangun Model Skenario (*Desain of Experiment*)

Model skenario dibuat bertujuan untuk menganalisa kualitas proses produksi yang sudah ada. Relay layout fasilitas produksi dan penambahan operator ditentukan berdasarkan seberapa efektif dan efisien proses produksi itu berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil *report* yaitu total produk baik, produk cacat, dan beban kerja operator dari model simulasi yang dibuat.

1. Skenario 1

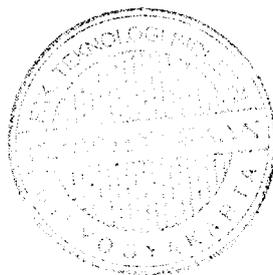
Dari hasil *report* model awal, jumlah produk cacat masih cukup tinggi sehingga menyebabkan total produk baik menjadi berkurang, maka pada skenario 1 akan dilakukan *relayout* beberapa fasilitas produksi guna melancarkan aliran proses.

2. Skenario 2

Setelah dilakukan perubahan model pada skenario 1, jumlah produk cacat sudah mulai berkurang namun beban kerja operator masih cukup tinggi sehingga pada skenario 2 dilakukan penambahan operator guna menurunkan beban kerja dan diharapkan dapat menurunkan jumlah produk cacat.

Tabel 4.28 Tabel Perbandingan Hasil Simulasi

Ukuran	Model Awal	Model Skenario 1	Model Skenario 2
Jumlah Produk Baik (unit)	8033	8074	8119
Jumlah Produk Cacat (unit)	997	956	911
Beban Kerja Operator	85.99%	74.47%	55.46%
Total Biaya (Lokasi, Tenaga Kerja, Bahan Baku)	\$ 65238.87	\$ 50342.43	\$ 50503.69
Biaya Total Produksi Per Unit Produk	\$ 8.121	\$ 6.235	\$ 6.220



BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Tahap *Define* (Pendefinisian)

PT. Indonesia Toray Synthetics (PT. ITS) merupakan perusahaan manufaktur dengan sistem produksi *make to order*, dimana proses produksi dilakukan berdasarkan jumlah permintaan atau pesanan konsumen. Dalam upaya memuaskan pelanggan dan memenangkan persaingan PT. ITS selalu berusaha keras untuk mengutamakan kualitas produknya. Berbagai cara dilakukan, salah satunya adalah dengan menerapkan pengendalian kualitas yaitu dengan mengurangi adanya aktivitas tambahan atau pemborosan yang disebabkan karena adanya cacat pada saat proses produksi, dan melakukan perbaikan secara terus-menerus. Adapun target yang ingin dicapai perusahaan adalah dapat mengurangi tingkat produk cacat, sehingga dapat memenuhi pesanan pelanggan dengan hasil produk yang memiliki kualitas terbaik.

5.2 Tahap *Measure* (Pengukuran)

5.2.1 Penentuan Karakteristik Kualitas Kunci (CTQ)

Dari hasil perhitungan pada bab sebelumnya didapatkan presentase kecacatan pada produk benang *nylon* D 40-10-2694 dengan presentase kecacatan sebesar 3.75%, produk benang *nylon* D 40-34-2694 dengan presentase kecacatan sebesar 4.70%, produk D benang *nylon* 50-48-2294 dengan presentase kecacatan sebesar 10.58%, dan produk benang *nylon* D 70-24-2294 dengan presentase

kecacatan sebesar 2.96%. Dari hasil data tersebut dilakukan analisis terhadap cacat terbanyak terjadi dalam proses produksi tersebut. Dan dari hasil presentase tersebut diperoleh bahwa cacat terbanyak terjadi pada produksi benang *nylon D 50-48-2294* sebesar 10.58%. Sedangkan untuk penetapan CTQ pada produk benang *nylon D 50-48-2294* didasarkan pada jumlah cacat terbesar pada setiap jenis cacat periode bulan Juni 2009 yang terdapat pada tabel 4.10. Dari data jumlah jenis cacat pada pengolahan data didapatkan 5 jenis cacat terbesar yang terdapat pada tabel 4.12.

5.2.2 Hasil Tingkat Ketidaksesuaian dan Uji Kendali Produk

Dari hasil pengolahan data pada bab sebelumnya untuk data atribut digunakan peta kontrol np pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting*, didapatkan bahwa tingkat rata-rata proporsi cacat pada masing-masing proses tersebut masih berada didalam batas kendali yaitu diantara UCL dan LCL. Sehingga dari hasil peta kendali np pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting* periode bulan Juni 2009, dapat diketahui bahwa data dalam keadaan terkendali.

Sedangkan untuk data variabel jenis cacat berat benang dan kerataan benang, digunakan peta kontrol \bar{X} dan R. Didapatkan bahwa tingkat rata-rata range dan tingkat rata-rata \bar{X} , masih berada di dalam batas kendali yaitu diantara UCL dan LCL. Sehingga dari hasil peta kendali \bar{X} dan R pada jenis cacat berat benang dan kerataan benang periode bulan Juni 2009, dapat diketahui bahwa data dalam keadaan terkendali.

Setelah diketahui bahwa data-data tersebut dalam keadaan terkendali, maka dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu menghitung baseline kinerja.

5.2.3 Hasil Pengukuran *Baseline* Kinerja (DPMO dan Tingkat *Sigma*) Data Atribut

1. Proses *spinneret*

Pada proses *spinneret* untuk periode bulan Juni 2009 didapatkan dari hasil pengolahan data bahwa rata-rata kesempatan untuk gagal adalah sebesar 35833.33 kegagalan per sejuta atau berada pada tingkat *sigma* 3.30. Atau dengan kata lain tingkat *sigma* pada proses tersebut masih berada dibawah ukuran proses pada *six sigma*.

2. Proses *drawing twisting*

Pada proses *drawing twisting* untuk periode bulan Juni 2009 didapatkan dari hasil pengolahan data bahwa rata-rata kesempatan untuk gagal adalah sebesar 46875 kegagalan per sejuta atau berada pada tingkat *sigma* 3.18. Atau dengan kata lain tingkat *sigma* pada proses tersebut masih berada dibawah ukuran proses pada *six sigma*.

5.2.4 Hasil Pengukuran *Baseline* Kinerja (DPMO dan Tingkat *Sigma*) Data Variabel

1. Berat benang (spesifikasi 7000 ± 25 gram)

Pada berat benang diketahui bahwa rata-rata kesempatan untuk gagal adalah sebesar 77660 kegagalan per sejuta atau berada pada tingkat *sigma* 2.92.

Atau dengan kata lain tingkat *sigma* pada proses tersebut masih berada dibawah ukuran proses pada *six sigma*.

2. Kerataan benang (spesifikasi 8 ± 2 mm)

Pada kerataan benang diketahui bahwa rata-rata kesempatan untuk gagal adalah sebesar 68840 kegagalan per sejuta atau berada pada tingkat *sigma* 2.99.

Atau dengan kata lain tingkat *sigma* pada proses tersebut masih berada dibawah ukuran proses pada *six sigma*.

Kesimpulan dari analisa DPMO dan tingkat *sigma* tersebut adalah bahwa nilai DPMO masih cukup tinggi sedangkan hasil tingkat *sigma* masih rendah. Hasil nilai DPMO data variabel lebih besar dibandingkan dengan data atribut, sedangkan untuk tingkat *sigma* data variabel lebih kecil daripada data atribut. Karena semakin besar nilai DPMO yang dihasilkan, maka semakin kecil pula tingkat *sigma* yang dihasilkan.



5.3 Tahap *Analyze* (Analisis)

5.3.1 Analisa Stabilitas Proses

Stabilitas proses dilakukan untuk mengetahui apakah data yang ada dalam keadaan stabil atau tidak berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola. Apabila data dinyatakan dalam keadaan stabil maka dapat dilanjutkan dengan menghitung kapabilitas proses.

Dari hasil pengolahan data stabilitas berat benang, didapatkan nilai maksimum S_{\max} adalah 8.562, dan untuk *upper control limit* (UCL) sebesar 7012.843, sedangkan *lower control limit* (LCL) sebesar 2381.222. Sedangkan

untuk kerataan benang didapatkan nilai maksimum S_{\max} adalah 0.67, dan untuk *upper control limit* (UCL) sebesar 9.005, sedangkan *lower control limit* (LCL) sebesar 6.995. Sehingga dari hasil peta kendali \bar{X} pada berat benang dan kerataan benang berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola periode bulan Juni 2009, dapat diketahui bahwa data-data diatas dalam keadaan stabil.

5.3.2 Analisa Kemampuan Proses

Perhitungan pada tingkat ini adalah untuk menghitung kemampuan proses perusahaan untuk mengetahui presentase atau indeks kapabilitas proses yang terjadi dalam proses produksi.

Adapun hasil Cpm dan Cpmk dari hasil pengolahan data diatas adalah sebagai berikut :

1. Berat benang

Untuk Cpm berat benang didapatkan sebesar 0.588 atau $Cpm < 1.00$ yaitu $0.588 < 1.00$, yang artinya proses dianggap tidak mampu dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global. Sedangkan Cpmk didapatkan sebesar 0.561 atau $Cpmk < 1.00$ yaitu $0.561 < 1.00$, maka proses dianggap tidak mampu dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global.

2. Kerataan benang

Untuk Cpm kerataan benang didapatkan sebesar 0.61 atau $Cpm < 1.00$ yaitu $0.61 < 1.00$, yang artinya proses dianggap tidak mampu dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global. Sedangkan Cpmk didapatkan

sebesar 0.604 atau $C_{pmk} < 1.00$ yaitu $0.604 < 1.00$, maka proses dianggap tidak mampu dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global.

Upaya yang dilakukan perusahaan untuk meningkatkan kapabilitas proses, manajemen harus mengurangi variasi penyebab umum yang terjadi melalui perbaikan terus menerus dan menjadikan peta kendali di atas sebagai patokan atau tolak ukur dalam perbaikan ke depan, serta dengan melakukan program-program perbaikan kualitas yang ada.

5.3.3 Analisa Biaya Total Produksi

Biaya total produksi terdiri dari biaya produksi dan biaya kegagalan kualitas. Biaya produksi merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk memproduksi produk tersebut. Oleh karena itu pada penelitian ini, akan dilakukan analisis pada biaya total produksi dengan maksud untuk menurunkan biaya produksi dan biaya kegagalan kualitas dengan mengurangi jumlah produk cacat dan menyeimbangkan aliran produksi.

Biaya produksi meliputi biaya listrik, biaya *oil* untuk benang, biaya tenaga kerja (operator dan operator *packaging*), dan biaya bahan baku. Perhitungan biaya produksi dilakukan selama sebulan untuk semua produk dan didapatkan hasil sebesar \$ 49699.5.

Di samping biaya produksi di atas, terdapat juga biaya kegagalan karena adanya produk di luar spesifikasi ukuran yang telah ditentukan (produk cacat) dan didapatkan hasil sebesar \$ 12675.

Jadi biaya total produksi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan adalah sebesar \$ 62374.5 (Rp. 598 795 200). Oleh karena itu penting bagi perusahaan untuk melakukan pengawasan yang lebih ketat terhadap proses produksi, khususnya produk benang D 50-48-2294, sehingga dapat mengurangi jumlah produk cacat dan mengurangi biaya total produksi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

5.3.4 Identifikasi Sumber dan Akar Penyebab Kecacatan

Pada PT. ITS faktor bahan baku tidak berpengaruh terhadap kecacatan produk karena sebelum memasuki proses produksi telah dilakukan pengendalian kualitas terhadap bahan baku, jadi bahan baku yang akan diproses telah teruji dengan baik. Sehingga pada analisis berikut faktor yang berpengaruh adalah lingkungan, metode, mesin dan manusia (tenaga kerja).

Kecacatan produk yang terdapat pada proses *spinneret*, proses *drawing* *twisting*, dan proses *sorting*, ternyata disebabkan oleh berbagai hal, tetapi salah satu yang menjadi penyebab utamanya adalah kurang jelasnya SOP (*Standar Operation Process*) yang diberikan oleh perusahaan untuk masing-masing prosesnya yang ditetapkan oleh perusahaan sehingga operator tidak melakukan proses produksi dengan metode yang benar. Metode kerja sangat berperan penting dalam melaksanakan proses produksi karena operator dituntut untuk melakukan proses produksi dengan benar dan sesuai ketentuan yang ditetapkan oleh perusahaan. Akan tetapi pada kenyataannya operator seringkali bekerja tidak berdasarkan SOP, namun hanya berdasarkan pengalaman mereka pada saat

pertama training di perusahaan. Ketidakjelasan SOP tentu saja menjadi salah satu faktor meningkatnya jumlah cacat dalam proses produksi. Selain itu, ada beberapa kegiatan yang dilakukan dengan tidak benar dalam setiap prosesnya yang dapat juga menyebabkan cacat produk. Misalnya saja proses pemasangan jalur benang pada *guide* dan pemasangan bobbin pada *spilliter* yang kurang sempurna sehingga menyebabkan produk menjadi cacat.

Kondisi lingkungan dan tata letak proses yang cukup berjauhan menyebabkan benang menjadi kotor karena selain karena terkena cipratan *oil* seringkali tanpa disadari operator dalam memindahkan produk menyebabkan benang menjadi kotor.

Selain itu, kurangnya ketelitian dan kehati-hatian operator dalam pengawasan pada saat inspeksi yang disebabkan oleh kondisi kerja yang tidak prima yaitu kurangnya konsentrasi atau kelelahan karena bekerja dalam 8 jam akibat beban kerja yang cukup tinggi. Dan juga dengan sistem kerja antar shift juga dapat berpeluang terjadinya cacat yang disebabkan buruknya komunikasi antar karyawan pada saat perpindahan shift.

5.4 Tahap *Improve* (Peningkatan)

Pada tahap ini dibahas mengenai rekomendasi strategi perbaikan yang akan diberikan kepada perusahaan. Perencanaan dan pelaksanaan maupun pengontrolan tindakan perbaikan dilaksanakan berdasarkan hasil analisis terhadap hasil pengukuran sebagai bagian dalam pemecahan masalah.

Berdasarkan pengertian *lean* yaitu mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan dan aktivitas yang tidak bernilai tambah. Dengan hasil perhitungan CTQ didapat empat jenis cacat yang sering muncul, dan berada dalam proses *spinneret* dan proses *drawing twisting*. Kedua proses tersebut memiliki hubungan yang erat dengan keinginan pelanggan yang menginginkan produk benang dengan kualitas terbaik.

Setelah didapatkan dari hasil identifikasi, kemudian dilakukan identifikasi terhadap aliran proses untuk masing-masing proses, dimana terdapat pengerjaan ulang (*rework*) yang disebut pemborosan.

Dengan adanya pemborosan berupa pengerjaan ulang pada tiap aliran proses, maka didapatkan tipe pemborosan pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting* berdasarkan nilai DPMO dan tingkat *sigma* yaitu tipe pemborosan *process*, dimana tipe ini mencakup proses-proses tambahan atau aktivitas kerja yang tidak perlu atau tidak efisien. Untuk itu perlu dilakukan analisa penyebab terjadinya pemborosan dan menentukan tindakan penanggulangan dengan menggunakan metode 5W + 2H (*What, Why, Where, When, Who, How, dan How Much*). Sehingga dapat diketahui akar penyebab dan usulan perbaikan yang akan diajukan untuk perusahaan. Adapun tindakan menggunakan 5W + 2H adalah sebagai berikut :

1. *What?* (Apa masalah yang menyebabkan pemborosan)?

Masalah yang menyebabkan pemborosan terjadi dikarenakan adanya penambahan aktivitas pengerjaan ulang (*rework*) pada tiap proses.

Penambahan aktivitas tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Terdapat pemasangan ulang terhadap posisi *spinneret* pada mesin.
- b. Terdapat pengerjaan ulang pemasangan benang pada *guide*.
- c. Terdapat pemasangan ulang terhadap posisi bobbin pada *winder*.
- d. Terdapat penyettingan *roller godet* kembali.

Selain itu, pada aliran proses produksi ini juga terjadi pemborosan berupa *overproduction* yaitu berupa adanya penumpukan barang pada proses *sorting*. Di samping itu, terjadi kekurangan operator sehingga produk yang ada harus menunggu untuk diproses dan terjadi penumpukan. Bentuk pemborosan lain adalah jauhnya jarak antara proses yang satu dengan yang lainnya.

2. *Where?* (Dimana terjadinya penambahan aktivitas pemborosan)?

Penambahan aktivitas pemborosan terjadi pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting*. Berikut adalah aktivitas tambahan berdasarkan masing-masing proses :

a. Proses *spinneret*

Pada proses ini hanya terdapat dua macam pemborosan yaitu adanya pengerjaan ulang pemasangan *spinneret* pada mesin dan pengerjaan ulang pemasangan benang pada *guide*.

b. Proses *drawing twisting*

Pada proses ini hanya terdapat dua macam pemborosan yaitu pengerjaan ulang pemasangan bobbin pada *winder* dan penyettingan *roller godet* kembali.

3. *Who?* (Siapa penanggung jawab pada proses tersebut)?

Yang menjadi penanggung jawab pada setiap proses adalah operator dan mekanik, dimana mempunyai tugas untuk menset-up mesin dan mengawasi jalannya mesin sesuai dengan SOP yang sudah ada. Dikarenakan cacat terbesar disebabkan oleh penyettingan mesin yang kurang pas atau tidak sesuai SOP akibat beban kerja yang cukup tinggi dan kondisi mesin yang *abnormal*.

4. *When?* (Kapan pemborosan tersebut terjadi)?

Pemborosan terjadi apabila di dalam proses *spinneret* dan proses *drawing twisting*, mesin tidak dapat bekerja secara maksimal sehingga menyebabkan terjadi pemborosan (*waste*) yang berupa aktivitas tambahan, yang bertujuan untuk menyempurnakan input pada setiap aliran proses dan juga *defect* (produk cacat).

5. *Why?* (Kenapa terjadi penambahan aktivitas pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting*)?

Penambahan aktivitas terjadi pada proses *spinneret* dan proses *drawing twisting* dikarenakan oleh beberapa penyebab seperti berikut :

a. Proses *spinneret*

Penyebab pemasangan ulang *spinneret* dan pengerjaan ulang pemasangan benang pada *guide* terjadi dikarenakan adanya penyetelan atau setting *spinneret* dan aliran benang yang tidak pas, sehingga mengakibatkan cacat pada benang yaitu benang tidak rata dan benang keriting akibat

kondisi maupun posisi *spinneret* yang buruk, sedangkan cacat benang berserabut terjadi akibat bergesekan dengan benda asing selain *guide*.

b. Proses *drawing twisting*

Penyebab terjadinya pemasangan ulang bobbin pada *winder* akibat operator kurang teliti sehingga menyebabkan benang tidak tergulung sempurna ke bobbin, sedangkan penyettingan ulang pada *roller godet* dikarenakan kondisi *roller godet* yang sudah buruk sehingga dapat menyebabkan benang menjadi mudah putus.

6. *How?* (Bagaimana perbaikan tersebut dilaksanakan)?

Untuk saran perbaikan kualitas dilaksanakan dengan memberikan usulan perbaikan ke perusahaan. Berikut adalah usulan perbaikan yang akan diberikan ke perusahaan yaitu :

a. Untuk Mesin

- i. Dilakukan *maintenance* mesin baik periodik maupun *overhaul* dengan lebih tepat waktu.
- ii. Dilakukan modifikasi mesin pada rumah *spinneret* sehingga dapat lebih cepat dan lebih pas saat pergantian *spinneret* serta pemberian tanda pada *roller godet* sehingga lebih mudah terdeteksi jika terjadi abnormal.
- iii. Perlu dilakukannya *relayout* mesin pada proses *sorting*. Jarak antara satu proses dengan proses lainnya pada bagian *sorting* menyebabkan aliran lini produksi menjadi kurang seimbang sehingga terjadi

penumpukan pada satu proses dan hanya akan memperlama waktu produksi.

b. Untuk Tenaga Kerja

- i. Melakukan koordinasi antar operator sebelum maupun sesudah pergantian shift. Hal ini dilakukan agar operator mengetahui permasalahan yang terjadi pada stasiun kerjanya sebelum dia bekerja.
- ii. Melakukan penambahan operator guna menurunkan beban kerja. Ini dilakukan agar tidak terjadi penumpukan di satu proses sehingga mampu mengurangi pemborosan waktu dan biaya produksi.

c. Untuk Metode Kerja

- i. Penyempurnaan SOP untuk menghilangkan pemborosan dan resiko terjadinya *defect* tanpa mengenyampingkan prosedur keselamatan kerja.
- ii. Perubahan *value stream* pada proses *spinneret* dan *drawing twisting* yaitu menjadi :
 1. FD Chip yang telah dipanaskan di proses *extruder* dikirim ke *spinneret* untuk dicetak.
 2. Pemasangan *spinneret* pada mesin.
 3. Pencetakan *filament* benang.
 4. Pendinginan benang dengan suhu sekitar $\pm 20^{\circ} \text{C}$.
 5. Pemasangan benang pada *guide*.
 6. Pelumasan (*oiling*) benang, dimaksudkan untuk mengurangi listrik sintetis pada benang akibat bergesakan dengan *guide*.
 7. Bobbin dipasang pada *winder*.

8. Set-up kekuatan tarik benang (*roller godet*).
 9. Benang secara otomatis akan tergulung pada bobbin.
 10. Setelah waktu proses selesai, mesin secara otomatis akan berputar dan diganti dengan bobbin yang baru.
 11. Produk *drawn yarn* yang sudah jadi kemudian diperiksa secara visual apakah terdapat cacat atau tidak.
 12. Dilakukan proses *revo* (proses pengecekan mesin dan aliran benang secara keseluruhan).
- iii. Operator saat melakukan *action* diwajibkan didampingi oleh minimal seorang operator agar jika suatu saat terjadi kecelakaan kerja dapat segera dilakukan pertolongan pertama.

d. Untuk Lingkungan

- i. Selalu menjaga kebersihan lingkungan, suhu dan kelembapan udara di area stasiun kerja.
- ii. Selalu membuang *waste* benang pada tempat yang telah disediakan.
- iii. Selalu merapikan alat-alat kerja pada tempatnya setelah digunakan.

Dari hasil analisis diatas didapatkan usulan-usulan perbaikan yang dapat menurunkan tingkat produk cacat, kemudian usulan-usulan tersebut akan menjadi bahan pertimbangan dalam membuat model simulasi alternatif.

7. *How Much?* (Berapakah biayanya)?

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya produksi dan biaya kegagalan kualitas yang harus ditanggung perusahaan adalah sebesar \$

49699.5 dan \$ 12675 atau jika dijumlahkan sebesar \$ 62374.5. Sehingga setiap unit harus menanggung biaya total produksi sebesar \$ 7.812/unit.

5.5 Tahap *Control* (Pengawasan)

Tahap ini merupakan tahap operasional terakhir dimana pada tahap ini harus selalu dilakukan untuk menjaga perbaikan yang telah dilakukan sesuai dengan hasil yang dicapai. Sesuai dengan hasil dari analisa di atas maka kontrol untuk usulan perbaikan yang diajukan ke perusahaan adalah :

1. Dibuatnya lembar *maintenance* periodik check dan lembar *overhaul* periodik check untuk mesin.
2. Penyempurnaan dan pemberian SOP secara tertulis yang jelas saat melakukan *action*.
3. Dibuatnya lembar pengecekan suhu dan kelembapan udara secara berkala.
4. Dibuatnya lembar data produk cacat harian.

Dan dilakukannya perbaikan secara terus-menerus dengan menggunakan metode *kaizen*. Dengan adanya kontrol tersebut maka diharapkan dapat diketahui tingkat terjadinya cacat produk pada proses setelah perbaikan.

5.6 Model Simulasi

5.6.1 Analisa Simulasi Model Awal

Simulasi model awal dibangun berdasarkan keadaan di sistem nyatanya sehingga input maupun output harus sesuai. Input yang dimasukan adalah

berdasarkan data historis divisi OSP *Spinning* dan hasil pengamatan langsung di lantai produksi.

Setelah model dijalankan kemudian dilakukan validasi untuk memastikan bahwa model sudah sesuai dengan sistem nyatanya. Dari metode uji dua rata-rata dan dua variansi dapat diketahui bahwa model awal dengan sistem nyata tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua sistem tersebut. Sehingga dari uji statistik di atas, model simulasi yang telah dijalankan dapat menjadi representasi dari sistem nyata.

Pada simulasi model awal, total produk baik sebesar 8033 unit *drawn yarn*, jumlah produk cacat sebesar 997 unit *drawn yarn*, beban kerja sebesar 85.99%, dan biaya total produksi sebesar \$ 8.121/unit. Oleh karena itu, perlu penyesuaian aliran proses pada proses produksi agar dapat mengurangi jumlah produk cacat dan biaya total produksi per unit.

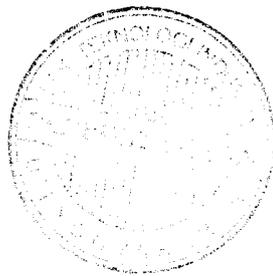
5.6.2 Analisa Simulasi Model Skenario

Dari hasil report model awal, jumlah produk cacat masih cukup tinggi sehingga menyebabkan biaya total produksi per unit masih tinggi, maka pada skenario 1 akan dilakukan relayout beberapa fasilitas produksi guna melancarkan aliran proses.

Dari model skenario 1 dilakukan relayout beberapa fasilitas produksi guna melancarkan aliran proses., maka didapat total produk baik sebesar 8074 unit *drawn yarn*, jumlah produk cacat sebesar 956 unit *drawn yarn*, beban kerja operator sebesar 74.47%, dan biaya total produksi sebesar \$ 6.235/unit.

Pada model skenario 2 dilakukan penambahan operator guna menurunkan beban kerja dan mengurangi produk cacat sehingga dapat ketahui total produk baik sebesar 8119 unit *drawn yarn*, jumlah produk cacat sebesar 911 unit *drawn yarn*, dan beban kerja operator sebesar 55.46%, dan biaya total produksi sebesar \$ 6.220/unit.

Berdasarkan perbandingan hasil simulasi model awal dengan hasil simulasi model skenario 1 dan skenario 2 maka model skenario yang dipilih adalah model skenario 2. Dengan total produk baik pada hasil simulasinya sebesar unit 8119 unit *drawn yarn*, jumlah produk cacat sebesar 911 unit *drawn yarn*, beban kerja operator sebesar 55.46%, dan biaya total produksi sebesar \$ 8.121/unit. Jadi terjadi penurunan jumlah produk cacat dari 11.04% menjadi 10.08% atau sebanyak 86 unit *drawn yarn* dan penurunan biaya total produksi sebesar \$ 1.901/unit.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengumpulan dan pengolahan data serta analisa data yang telah diuraikan dalam bab-bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Produk yang memiliki cacat paling banyak adalah produk benang *nylon* dengan tipe denier 50-48-2294 yang terletak pada proses *spinneret*, proses *drawing twisting*, dan bagian sorting.
2. Kapabilitas proses perusahaan untuk jenis cacat berat benang tidak standar dan benang tidak rata, yaitu untuk berat benang sebesar 0.588 dan untuk kerataan benang sebesar 0.61.
3. Faktor yang menyebabkan terjadinya cacat dan pemborosan pada tingkat proses adalah sebagai berikut :
 - a. Mesin = kurangnya perawatan dan terjadi penumpukan.
 - b. Lingkungan kerja = dimana lantai kotor dan licin, suhu, kelembapan dan tingkat kebisingan pada ruang produksi yang cukup tinggi.
 - c. Metode kerja = kurang jelasnya SOP yang ada.
 - d. Tenaga kerja = beban kerja yang cukup tinggi dan kekurangan operator.

Selain penyebab cacat di atas, penyebab pemborosan adalah adanya kegiatan yang tidak bernilai tambah (*rework/recycle*), jarak antar proses di

bagian *sorting* yang cukup berjauhan, serta adanya penumpukan barang di bagian *sorting*.

Berikut adalah usulan perbaikan yang akan diberikan ke perusahaan yaitu :

a. Untuk Mesin

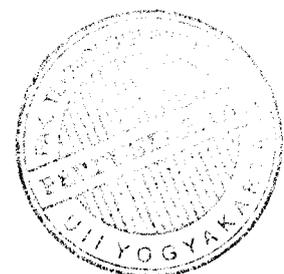
- i. Dilakukan *maintenance* mesin baik periodik maupun *overhaul* dengan lebih tepat waktu.
- ii. Dilakukan modifikasi mesin pada rumah *spinneret* serta pemberian tanda pada *roller godet*.
- iii. Perlu dilakukannya *relayout* mesin pada proses *sorting*.

b. Untuk Tenaga Kerja

- i. Melakukan koordinasi antar operator sebelum maupun sesudah pergantian shift.
- ii. Melakukan penambahan operator guna menurunkan beban kerja.

c. Untuk Metode Kerja

- i. Penyempurnaan SOP untuk menghilangkan pemborosan dan resiko terjadinya *defect* tanpa mengenyampingkan prosedur keselamatan kerja.
- ii. Perubahan *value stream* pada proses *spinneret* dan *drawing* *twisting* yaitu menjadi :
 1. FD Chip yang telah dipanaskan di proses *extruder* dikirim ke *spinneret* untuk dicetak.
 2. Pemasangan *spinneret* pada mesin.



3. Pencetakan *filament* benang.
 4. Pendinginan benang dengan suhu sekitar $\pm 20^0$ C.
 5. Pemasangan benang pada *guide*.
 6. Pelumasan (*oiling*) benang, dimaksudkan untuk mengurangi listrik sintesis pada benang akibat bergesekan dengan *guide*.
 7. Bobbin dipasang pada *winder*.
 8. Set-up kekuatan tarik benang (*roller godet*).
 9. Benang secara otomatis akan tergulung pada bobbin.
 10. Setelah waktu proses selesai, mesin secara otomatis akan berputar dan diganti dengan bobbin yang baru.
 11. Produk *drawn yarn* yang sudah jadi kemudian diperiksa secara visual apakah terdapat cacat atau tidak.
 12. Dilakukan proses *revo* (proses pengecekan mesin dan aliran benang secara keseluruhan).
- iii. Operator saat melakukan *action* diwajibkan didampingi oleh minimal seorang operator agar jika suatu saat terjadi kecelakaan kerja dapat segera dilakukan pertolongan pertama.
- d. Untuk Lingkungan Stasiun Kerja
- i. Selalu menjaga kebersihan lingkungan, suhu dan kelembapan udara di area stasiun kerja.
 - ii. Selalu membuang *waste* benang pada tempat yang telah disediakan.
 - iii. Selalu merapikan alat-alat kerja pada tempatnya setelah digunakan.

4. Berdasarkan perbandingan hasil simulasi model awal dengan model alternatif (skenario 2) maka didapatkan bahwa total produk baik meningkat dari 8033 unit menjadi 8119 unit dan jumlah produk cacat menurun dari 997 unit menjadi 911 unit serta beban kerja operator menurun dari 85.99% menjadi 55.46 %. Jadi terjadi penurunan jumlah produk cacat dari 11.04% menjadi 10.08% atau sebanyak 86 unit.
5. Berdasarkan perbandingan hasil simulasi model awal dengan model alternatif (skenario 2) maka didapatkan bahwa total biaya menurun dari \$ 65238.87 menjadi \$ 50503.69 dan biaya total produksi menurun dari \$ 8.121/unit menjadi \$ 6.220/unit. Jadi terjadi penurunan biaya total produksi sebesar \$ 1.901/unit.

6.2 Saran

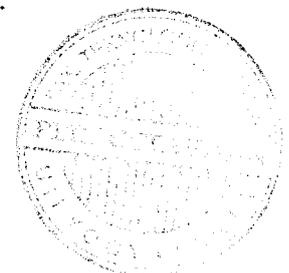
Pada bagian ini, ada beberapa hal yang ingin kami sarankan kepada pihak manajemen PT. Indonesia Toray Synthetics, yaitu sebagai berikut:

1. PT. Indonesia Toray Synthetics diharapkan menggunakan hasil penelitian ini sebagai dasar dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan kualitas proses produksinya.
2. Ada penelitian lebih lanjut dengan menggunakan *lean sigma* dan simulasi dengan menambahkan tiap-tiap atribut proses produksi sehingga menambah khasanah keilmuan dan pengembangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Banks, J., (1999). *Introduction to Simulation*. Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, USA.
- Bayu, R., (2007). *Analisis Pencapaian Tingkat Sigma Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Produk*, Skripsi Tidak Diterbitkan. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Bazargan, M., (2003). *A Simulation Approach to Manpower Planning*. Florida: Embry-Ride Aeronautical University, College of Business.
- Dorothea, W.A., (2003). *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: C.V. Andi Offset.
- Febriani, S., (2006). *Analisis Kualitas Dengan Pendekatan Metode Six Sigma Di Industri Manufaktur*, Skripsi Tidak Diterbitkan. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Feigenbaum, A.V., (1992). *Total Quality Control* (3rd edition), New York: McGraw-Hill.
- Gaspersz, V., (2006). *Total Quality Management*, Jakarta: Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V., (2007). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Goldsmann, D., (2007). *Introduction to Simulation*, Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference, USA.
- Isnawati, F., (2008). *Usaha Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Pendekatan Lean Sigma*, Skripsi Teknik Industri. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

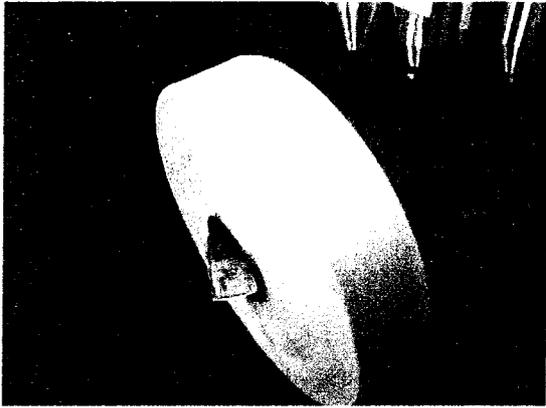
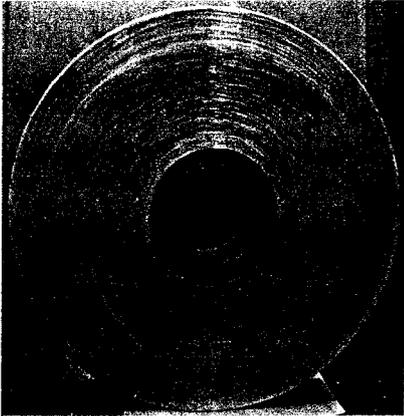
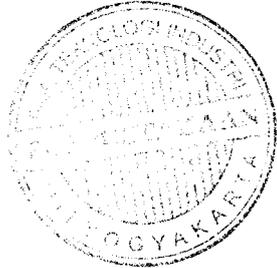
- Kania, K.R., (2007). *Pencapaian Tingkat Sigma Dengan Peningkatan Kinerja Pada Proses Produksi Guna Mengurangi Cacat Produk*, Skripsi Tidak Diterbitkan. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Kuhl, M.E., Steiger, N.M., Armstrong, F.B., dan Joines, J.A., (2005). *Simulation and Optimization as Effective DFSS Tools*. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, USA.
- Kustanto, (2005). *Analisis Pencapaian Tingkat Sigma Untuk Peningkatan Kualitas Produ.* Skripsi Tidak Diterbitkan. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Mason, S.J., Hill, R.R., Mönch, L., Rose, O., Jefferson, T., dan Fowler, J.W., (2008). *Emulation in Manufacturing Engineering Processes*, Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, USA.
- Muchtiar, Y., dan Noviyarsi, (2007). *Implementasi Metode 5S pada Lean Sigma Dalam Proses Pembuatan Mur Baut Versing (Studi Kasus di CV. Desra Teknik Padang)*, Jurnal Teknik Industri, Vol. 9, No. 1, hal. 63-74. Universitas Kristen Petra. <http://puslit.petra.ac.id/journals>
- Supriyono, (1982). *Akuntansi Biaya, Pengumpulan dan Penentuan Harga Pokok*, edisi I, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Susantri, M.N., (2008). *Aplikasi Lean Sigma Dalam Pengendalian Kualitas*, Skripsi Teknik Industri. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Womack, J.P. dan Jones, D.T., (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, New York: Simon & Schuster Inc.



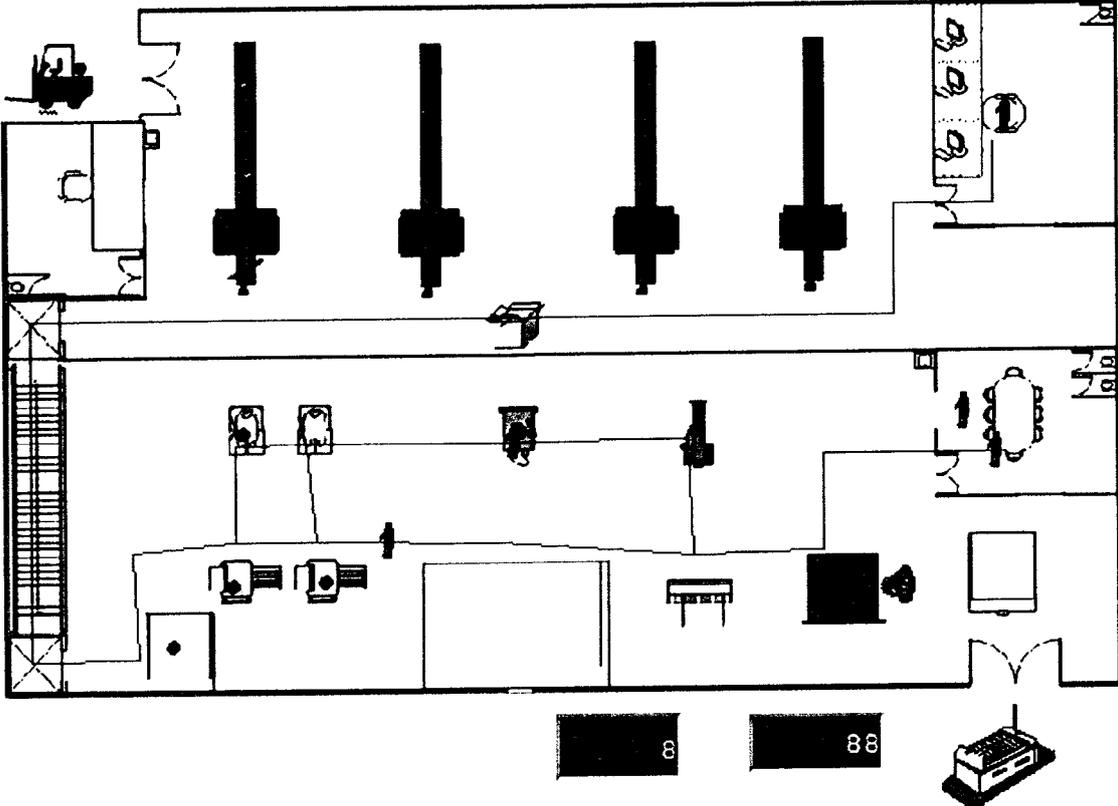
LAMPIRAN 1



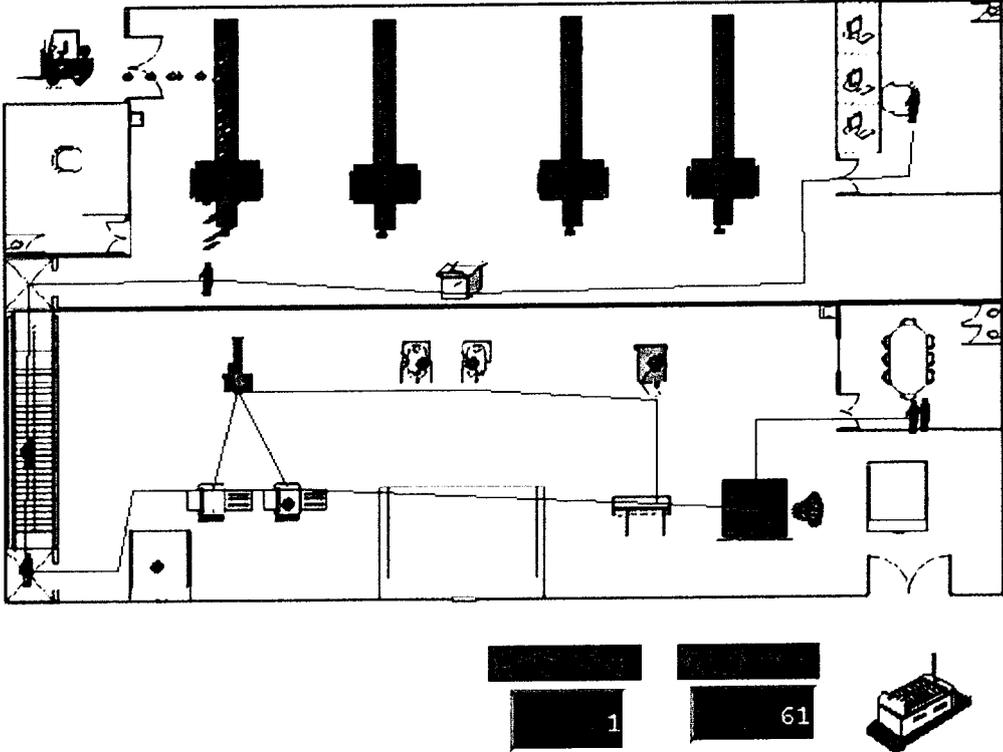
FD Chip



Drawn Yarn



Gambar Layout Skenario 1



Gambar Layout Skenario 2

Report Simulasi Model Awal

model awal fix ubahan.MOD (Normal Run - All Reps)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Gudang Produk Akhir	1	24.42	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	2	24.21	999999.00	262.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	3	24.43	999999.00	264.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	4	24.14	999999.00	259.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	5	24.49	999999.00	267.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	6	24.48	999999.00	268.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	7	24.60	999999.00	271.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	8	24.58	999999.00	266.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	9	24.65	999999.00	273.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	10	24.54	999999.00	269.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	11	24.51	999999.00	279.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	12	24.31	999999.00	266.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	13	24.61	999999.00	278.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	14	24.31	999999.00	263.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	15	24.51	999999.00	272.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	16	24.22	999999.00	267.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	17	24.68	999999.00	275.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	18	24.10	999999.00	256.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	19	24.39	999999.00	266.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	20	24.55	999999.00	268.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	21	24.46	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	22	24.07	999999.00	256.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	23	24.71	999999.00	274.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	24	24.58	999999.00	273.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	25	24.22	999999.00	259.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	26	24.26	999999.00	262.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	27	24.28	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	28	24.72	999999.00	274.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	29	24.60	999999.00	269.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	30	24.52	999999.00	267.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

model awal fix ubahan.MOD (Normal Run - All Reps)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Buffer Reject	1	24.42	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	2	24.21	250.00	39.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	3	24.43	250.00	37.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	4	24.14	250.00	42.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	5	24.49	250.00	34.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	6	24.48	250.00	33.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	7	24.60	250.00	30.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	8	24.58	250.00	35.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	9	24.65	250.00	28.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	10	24.54	250.00	32.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	11	24.51	250.00	22.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	12	24.31	250.00	35.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	13	24.61	250.00	23.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	14	24.31	250.00	38.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	15	24.51	250.00	29.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	16	24.22	250.00	34.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	17	24.68	250.00	26.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	18	24.10	250.00	45.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	19	24.39	250.00	35.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	20	24.55	250.00	33.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	21	24.46	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	22	24.07	250.00	45.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	23	24.71	250.00	27.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	24	24.58	250.00	28.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	25	24.22	250.00	42.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	26	24.26	250.00	39.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	27	24.28	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	28	24.72	250.00	27.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	29	24.60	250.00	32.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	30	24.52	250.00	34.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

model awal fix ubahan.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
Operator.1	1.00	7.02	653.00	0.24	0.36	0.42	0.00	93.31
Operator.2	1.00	7.02	652.00	0.24	0.36	0.41	0.00	93.31
Operator.3	1.00	7.01	713.00	0.22	0.37	0.41	0.00	99.03
Operator.4	1.00	7.02	724.00	0.23	0.35	0.51	0.00	98.77
Operator.5	1.00	7.42	495.00	0.26	0.35	0.67	0.00	66.78
Operator.6	1.00	7.43	470.00	0.28	0.35	0.68	0.00	66.98
Operator	6.00	42.92	3697.00	0.24	0.36	0.52	0.00	85.99
Operator Packaging	1.00	24.42	810.00	0.08	0.00	0.00	0.00	4.59

model awal fix.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
FD Chip	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bobbin	301.00	0.00	547.95	14.54	0.00	0.00	533.42
Drawn Yam	301.00	0.00	947.99	30.59	20.91	244.28	652.21

Location Costing for model awal fix ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Operation Cost Dollars	% Operation Cost	Resource Cost Dollars	% Resource Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
SUM	1	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	2	0.00	0.00	1.78	100.00	1.78	100.00
SUM	3	0.00	0.00	1.74	100.00	1.74	100.00
SUM	4	0.00	0.00	1.75	100.00	1.75	100.00
SUM	5	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	6	0.00	0.00	1.81	100.00	1.81	100.00
SUM	7	0.00	0.00	1.78	100.00	1.78	100.00
SUM	8	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	9	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	10	0.00	0.00	1.78	100.00	1.78	100.00
SUM	11	0.00	0.00	1.80	100.00	1.80	100.00
SUM	12	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	13	0.00	0.00	1.76	100.00	1.76	100.00
SUM	14	0.00	0.00	1.75	100.00	1.75	100.00
SUM	15	0.00	0.00	1.76	100.00	1.76	100.00
SUM	16	0.00	0.00	1.80	100.00	1.80	100.00
SUM	17	0.00	0.00	1.76	100.00	1.76	100.00
SUM	18	0.00	0.00	1.80	100.00	1.80	100.00
SUM	19	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	20	0.00	0.00	1.80	100.00	1.80	100.00
SUM	21	0.00	0.00	1.77	100.00	1.77	100.00
SUM	22	0.00	0.00	1.81	100.00	1.81	100.00
SUM	23	0.00	0.00	1.80	100.00	1.80	100.00
SUM	24	0.00	0.00	1.75	100.00	1.75	100.00
SUM	25	0.00	0.00	1.76	100.00	1.76	100.00
SUM	26	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	27	0.00	0.00	1.78	100.00	1.78	100.00
SUM	28	0.00	0.00	1.76	100.00	1.76	100.00
SUM	29	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	30	0.00	0.00	1.76	100.00	1.76	100.00



Resource Costing for model awal fix ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Units	NonUse Cost Dollars	% NonUse Cost	Usage Cost Dollars	% Usage Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
Operator	1	6.00	1.99	40.85	436.09	99.97	438.07	99.32
Operator	2	6.00	1.96	40.63	437.71	99.97	439.68	99.32
Operator	3	6.00	2.01	41.21	437.56	99.97	439.57	99.32
Operator	4	6.00	1.99	40.94	437.13	99.97	439.12	99.32
Operator	5	6.00	1.92	40.10	439.68	99.97	441.60	99.33
Operator	6	6.00	1.97	40.75	434.69	99.97	436.66	99.32
Operator	7	6.00	1.82	38.77	445.23	99.97	447.05	99.33
Operator	8	6.00	1.95	40.47	436.41	99.97	438.36	99.32
Operator	9	6.00	1.98	40.80	435.47	99.97	437.45	99.32
Operator	10	6.00	1.91	39.93	439.47	99.97	441.38	99.32
Operator	11	6.00	1.96	40.67	434.96	99.97	436.92	99.32
Operator	12	6.00	1.95	40.44	436.78	99.97	438.73	99.32
Operator	13	6.00	2.00	41.12	435.33	99.97	437.34	99.32
Operator	14	6.00	1.97	40.75	439.36	99.97	441.33	99.32
Operator	15	6.00	1.99	40.89	437.17	99.97	439.16	99.32
Operator	16	6.00	1.92	40.15	438.34	99.97	440.26	99.32
Operator	17	6.00	1.95	40.47	440.32	99.97	442.27	99.33
Operator	18	6.00	1.92	40.10	438.46	99.97	440.38	99.32
Operator	19	6.00	1.92	40.11	439.99	99.97	441.92	99.33
Operator	20	6.00	1.94	40.41	436.42	99.97	438.37	99.32
Operator	21	6.00	2.01	41.21	435.11	99.97	437.12	99.32
Operator	22	6.00	1.87	39.53	440.26	99.97	442.13	99.33
Operator	23	6.00	1.93	40.30	436.35	99.97	438.28	99.32
Operator	24	6.00	2.01	41.13	437.46	99.97	439.47	99.32
Operator	25	6.00	1.90	39.83	441.63	99.97	443.53	99.33
Operator	26	6.00	1.96	40.64	435.98	99.97	437.95	99.32
Operator	27	6.00	1.94	40.30	439.31	99.97	441.25	99.32
Operator	28	6.00	1.96	40.62	438.17	99.97	440.13	99.32
Operator	29	6.00	1.92	40.07	439.78	99.97	441.70	99.33
Operator	30	6.00	1.97	40.70	437.77	99.97	439.74	99.32

Resource Costing for model awal fix ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Units	NonUse Cost Dollars	% NonUse Cost	Usage Cost Dollars	% Usage Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
Operator Packaging	1	1.00	2.87	59.15	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	2	1.00	2.87	59.37	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	3	1.00	2.87	58.79	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	4	1.00	2.87	59.06	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	5	1.00	2.87	59.90	0.13	0.03	3.00	0.67
Operator Packaging	6	1.00	2.87	59.25	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	7	1.00	2.87	61.23	0.13	0.03	3.00	0.67
Operator Packaging	8	1.00	2.87	59.53	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	9	1.00	2.87	59.20	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	10	1.00	2.87	60.07	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	11	1.00	2.87	59.33	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	12	1.00	2.87	59.56	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	13	1.00	2.87	58.88	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	14	1.00	2.87	59.25	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	15	1.00	2.87	59.11	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	16	1.00	2.87	59.85	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	17	1.00	2.87	59.53	0.13	0.03	3.00	0.67
Operator Packaging	18	1.00	2.87	59.90	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	19	1.00	2.87	59.89	0.13	0.03	3.00	0.67
Operator Packaging	20	1.00	2.87	59.59	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	21	1.00	2.87	58.79	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	22	1.00	2.86	60.47	0.14	0.03	3.00	0.67
Operator Packaging	23	1.00	2.87	59.70	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	24	1.00	2.87	58.87	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	25	1.00	2.87	60.17	0.13	0.03	3.00	0.67
Operator Packaging	26	1.00	2.87	59.36	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	27	1.00	2.87	59.70	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	28	1.00	2.87	59.38	0.13	0.03	3.00	0.68
Operator Packaging	29	1.00	2.87	59.93	0.13	0.03	3.00	0.67
Operator Packaging	30	1.00	2.87	59.30	0.13	0.03	3.00	0.68

Entity Costing for model awal fix ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Explicit Exits	Total Cost Dollars	% Total Cost
Drawn Yarn	1	288.00	1592.08	100.00
Drawn Yarn	2	293.00	1619.61	100.00
Drawn Yarn	3	285.00	1575.48	100.00
Drawn Yarn	4	292.00	1614.05	100.00
Drawn Yarn	5	284.00	1570.05	100.00
Drawn Yarn	6	287.00	1586.61	100.00
Drawn Yarn	7	281.00	1553.54	100.00
Drawn Yarn	8	291.00	1608.64	100.00
Drawn Yarn	9	285.00	1575.56	100.00
Drawn Yarn	10	291.00	1608.62	100.00
Drawn Yarn	11	285.00	1575.60	100.00
Drawn Yarn	12	297.00	1641.67	100.00
Drawn Yarn	13	292.00	1614.07	100.00
Drawn Yarn	14	284.00	1569.97	100.00
Drawn Yarn	15	288.00	1592.03	100.00
Drawn Yarn	16	282.00	1559.05	100.00
Drawn Yarn	17	281.00	1553.46	100.00
Drawn Yarn	18	289.00	1597.61	100.00
Drawn Yarn	19	278.00	1536.98	100.00
Drawn Yarn	20	284.00	1570.10	100.00
Drawn Yarn	21	295.00	1630.60	100.00
Drawn Yarn	22	284.00	1570.10	100.00
Drawn Yarn	23	290.00	1603.15	100.00
Drawn Yarn	24	282.00	1558.97	100.00
Drawn Yarn	25	293.00	1619.60	100.00
Drawn Yarn	26	290.00	1603.13	100.00
Drawn Yarn	27	281.00	1553.49	100.00
Drawn Yarn	28	291.00	1608.58	100.00
Drawn Yarn	29	279.00	1542.51	100.00
Drawn Yarn	30	290.00	1603.06	100.00

Report Simulasi Model Skenario 1

skenario 1 ubahan.MOD (Normal Run - All Repe)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Gudang Produk Akhir	1	23.33	999999.00	267.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	2	23.19	999999.00	271.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	3	23.19	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	4	23.31	999999.00	275.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	5	23.20	999999.00	280.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	6	23.24	999999.00	263.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	7	23.36	999999.00	276.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	8	23.20	999999.00	263.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	9	23.23	999999.00	275.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	10	23.20	999999.00	269.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	11	23.17	999999.00	279.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	12	23.23	999999.00	272.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	13	23.26	999999.00	265.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	14	23.33	999999.00	266.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	15	23.26	999999.00	281.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	16	23.21	999999.00	274.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	17	23.19	999999.00	267.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	18	23.29	999999.00	263.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	19	23.28	999999.00	263.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	20	23.26	999999.00	271.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	21	23.26	999999.00	279.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	22	23.27	999999.00	257.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	23	23.28	999999.00	269.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	24	23.32	999999.00	263.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	25	23.32	999999.00	259.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	26	23.23	999999.00	255.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	27	23.26	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	28	23.29	999999.00	275.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	29	23.26	999999.00	271.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	30	23.22	999999.00	266.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

skenario 1 ubahan.MOD (Normal Run - All Repe)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Buffer Reject	1	23.33	250.00	34.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	2	23.19	250.00	30.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	3	23.19	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	4	23.31	250.00	26.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	5	23.20	250.00	21.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	6	23.24	250.00	38.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	7	23.36	250.00	25.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	8	23.20	250.00	38.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	9	23.23	250.00	26.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	10	23.20	250.00	32.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	11	23.17	250.00	22.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	12	23.23	250.00	29.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	13	23.26	250.00	36.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	14	23.33	250.00	35.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	15	23.26	250.00	20.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	16	23.21	250.00	27.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	17	23.19	250.00	34.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	18	23.29	250.00	38.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	19	23.28	250.00	38.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	20	23.26	250.00	30.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	21	23.26	250.00	22.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	22	23.27	250.00	44.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	23	23.28	250.00	32.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	24	23.32	250.00	38.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	25	23.32	250.00	42.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	26	23.23	250.00	46.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	27	23.26	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	28	23.29	250.00	26.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	29	23.26	250.00	30.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	30	23.22	250.00	35.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

skenario 1 ubahan.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
Operator.1	1.00	7.02	670.00	0.22	0.31	0.38	0.00	83.14
Operator.2	1.00	7.01	662.00	0.20	0.33	0.41	0.00	83.15
Operator.3	1.00	7.01	829.00	0.19	0.28	0.42	0.00	92.34
Operator.4	1.00	7.01	822.00	0.19	0.28	0.44	0.00	91.55
Operator.5	1.00	6.35	334.00	0.24	0.29	0.71	0.00	46.01
Operator.6	1.00	6.34	324.00	0.23	0.30	0.67	0.00	45.12
Operator	6.00	40.74	3641.00	0.20	0.30	0.49	0.00	74.47
Operator Packaging	1.00	23.33	801.00	0.08	0.00	0.00	0.00	4.69

skenario 1 ubahan.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
FD Chip	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bobbin	301.00	0.00	509.98	12.15	0.00	0.00	497.82
Drawn Yam	301.00	0.00	862.46	18.65	16.87	244.22	582.72

Location Costing for skenario 1 ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Operation Cost Dollars	% Operation Cost	Resource Cost Dollars	% Resource Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
SUM	1	0.00	0.00	1.82	100.00	1.82	100.00
SUM	2	0.00	0.00	1.87	100.00	1.87	100.00
SUM	3	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	4	0.00	0.00	1.91	100.00	1.91	100.00
SUM	5	0.00	0.00	1.94	100.00	1.94	100.00
SUM	6	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	7	0.00	0.00	1.89	100.00	1.89	100.00
SUM	8	0.00	0.00	1.83	100.00	1.83	100.00
SUM	9	0.00	0.00	1.87	100.00	1.87	100.00
SUM	10	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	11	0.00	0.00	1.91	100.00	1.91	100.00
SUM	12	0.00	0.00	1.89	100.00	1.89	100.00
SUM	13	0.00	0.00	1.85	100.00	1.85	100.00
SUM	14	0.00	0.00	1.86	100.00	1.86	100.00
SUM	15	0.00	0.00	1.93	100.00	1.93	100.00
SUM	16	0.00	0.00	1.87	100.00	1.87	100.00
SUM	17	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	18	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	19	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	20	0.00	0.00	1.86	100.00	1.86	100.00
SUM	21	0.00	0.00	1.91	100.00	1.91	100.00
SUM	22	0.00	0.00	1.77	100.00	1.77	100.00
SUM	23	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	24	0.00	0.00	1.83	100.00	1.83	100.00
SUM	25	0.00	0.00	1.79	100.00	1.79	100.00
SUM	26	0.00	0.00	1.80	100.00	1.80	100.00
SUM	27	0.00	0.00	1.85	100.00	1.85	100.00
SUM	28	0.00	0.00	1.90	100.00	1.90	100.00
SUM	29	0.00	0.00	1.89	100.00	1.89	100.00
SUM	30	0.00	0.00	1.85	100.00	1.85	100.00

Resource Costing for skenario 1 ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Units	NonUse Cost Dollars	% NonUse Cost	Usage Cost Dollars	% Usage Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
Operator	1	6.00	3.47	55.51	365.47	99.96	368.93	99.22
Operator	2	6.00	3.26	54.15	368.55	99.96	371.81	99.23
Operator	3	6.00	3.31	54.55	366.70	99.96	370.01	99.22
Operator	4	6.00	3.17	53.37	375.25	99.96	378.42	99.24
Operator	5	6.00	3.17	53.50	369.45	99.96	372.62	99.23
Operator	6	6.00	3.40	55.10	363.92	99.96	367.31	99.22
Operator	7	6.00	3.28	54.15	372.21	99.96	375.49	99.23
Operator	8	6.00	3.28	54.27	370.16	99.96	373.44	99.23
Operator	9	6.00	3.24	54.01	371.18	99.96	374.42	99.23
Operator	10	6.00	3.36	54.89	364.57	99.96	367.93	99.22
Operator	11	6.00	3.14	53.27	371.41	99.96	374.55	99.23
Operator	12	6.00	3.29	54.37	367.01	99.96	370.30	99.22
Operator	13	6.00	3.39	55.01	364.94	99.96	368.33	99.22
Operator	14	6.00	3.35	54.66	369.64	99.96	372.99	99.22
Operator	15	6.00	3.14	53.21	374.04	99.96	377.18	99.24
Operator	16	6.00	3.11	52.94	377.53	99.96	380.63	99.24
Operator	17	6.00	3.36	54.86	364.95	99.96	368.31	99.22
Operator	18	6.00	3.36	54.80	368.39	99.96	371.76	99.22
Operator	19	6.00	3.33	54.56	369.84	99.96	373.17	99.23
Operator	20	6.00	3.31	54.49	368.89	99.96	372.20	99.22
Operator	21	6.00	3.19	53.53	371.98	99.96	375.17	99.23
Operator	22	6.00	3.61	56.50	357.79	99.96	361.40	99.20
Operator	23	6.00	3.39	55.03	366.74	99.96	370.13	99.22
Operator	24	6.00	3.57	56.18	357.53	99.96	361.10	99.20
Operator	25	6.00	3.40	54.96	371.32	99.96	374.72	99.23
Operator	26	6.00	3.39	55.03	367.25	99.96	370.64	99.22
Operator	27	6.00	3.25	54.00	372.66	99.96	375.92	99.23
Operator	28	6.00	3.21	53.67	374.04	99.96	377.24	99.23
Operator	29	6.00	3.34	54.69	365.50	99.96	368.83	99.22
Operator	30	6.00	3.37	54.95	364.16	99.96	367.54	99.22

Name	Replication	Units	NonUse Cost Dollars	% NonUse Cost	Usage Cost Dollars	% Usage Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
Operator Packaging	1	1.00	2.78	44.49	0.14	0.04	2.92	0.78
Operator Packaging	2	1.00	2.76	45.85	0.14	0.04	2.90	0.77
Operator Packaging	3	1.00	2.76	45.45	0.14	0.04	2.90	0.78
Operator Packaging	4	1.00	2.77	46.63	0.14	0.04	2.91	0.76
Operator Packaging	5	1.00	2.76	46.50	0.14	0.04	2.90	0.77
Operator Packaging	6	1.00	2.77	44.90	0.14	0.04	2.90	0.78
Operator Packaging	7	1.00	2.78	45.85	0.14	0.04	2.92	0.77
Operator Packaging	8	1.00	2.76	45.73	0.14	0.04	2.90	0.77
Operator Packaging	9	1.00	2.76	45.99	0.14	0.04	2.90	0.77
Operator Packaging	10	1.00	2.76	45.11	0.14	0.04	2.90	0.78
Operator Packaging	11	1.00	2.75	46.73	0.14	0.04	2.90	0.77
Operator Packaging	12	1.00	2.76	45.63	0.14	0.04	2.90	0.78
Operator Packaging	13	1.00	2.77	44.99	0.14	0.04	2.91	0.78
Operator Packaging	14	1.00	2.78	45.34	0.14	0.04	2.92	0.78
Operator Packaging	15	1.00	2.76	46.79	0.15	0.04	2.91	0.76
Operator Packaging	16	1.00	2.76	47.06	0.14	0.04	2.90	0.76
Operator Packaging	17	1.00	2.76	45.14	0.14	0.04	2.90	0.78
Operator Packaging	18	1.00	2.77	45.20	0.14	0.04	2.91	0.78
Operator Packaging	19	1.00	2.77	45.44	0.14	0.04	2.91	0.77
Operator Packaging	20	1.00	2.77	45.51	0.14	0.04	2.91	0.78
Operator Packaging	21	1.00	2.77	46.47	0.14	0.04	2.91	0.77
Operator Packaging	22	1.00	2.78	43.50	0.13	0.04	2.91	0.80
Operator Packaging	23	1.00	2.77	44.97	0.14	0.04	2.91	0.78
Operator Packaging	24	1.00	2.78	43.82	0.13	0.04	2.91	0.80
Operator Packaging	25	1.00	2.78	45.04	0.13	0.04	2.92	0.77
Operator Packaging	26	1.00	2.77	44.97	0.13	0.04	2.90	0.78
Operator Packaging	27	1.00	2.77	46.00	0.14	0.04	2.91	0.77
Operator Packaging	28	1.00	2.77	46.33	0.14	0.04	2.91	0.77
Operator Packaging	29	1.00	2.77	45.31	0.14	0.04	2.91	0.78
Operator Packaging	30	1.00	2.77	45.05	0.14	0.04	2.90	0.78

Entity Costing for skenario 1 ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Explicit Exits	Total Cost Dollars	% Total Cost
Drawn Yarn	1	301.00	1662.13	100.00
Drawn Yarn	2	301.00	1662.22	100.00
Drawn Yarn	3	301.00	1662.19	100.00
Drawn Yarn	4	301.00	1662.28	100.00
Drawn Yarn	5	301.00	1662.33	100.00
Drawn Yarn	6	301.00	1662.17	100.00
Drawn Yarn	7	301.00	1662.25	100.00
Drawn Yarn	8	301.00	1662.16	100.00
Drawn Yarn	9	301.00	1662.22	100.00
Drawn Yarn	10	301.00	1662.18	100.00
Drawn Yarn	11	301.00	1662.29	100.00
Drawn Yarn	12	301.00	1662.26	100.00
Drawn Yarn	13	301.00	1662.18	100.00
Drawn Yarn	14	301.00	1662.19	100.00
Drawn Yarn	15	301.00	1662.32	100.00
Drawn Yarn	16	301.00	1662.25	100.00
Drawn Yarn	17	301.00	1662.16	100.00
Drawn Yarn	18	301.00	1662.16	100.00
Drawn Yarn	19	301.00	1662.18	100.00
Drawn Yarn	20	301.00	1662.20	100.00
Drawn Yarn	21	301.00	1662.30	100.00
Drawn Yarn	22	301.00	1662.08	100.00
Drawn Yarn	23	301.00	1662.17	100.00
Drawn Yarn	24	301.00	1662.18	100.00
Drawn Yarn	25	301.00	1662.10	100.00
Drawn Yarn	26	301.00	1662.10	100.00
Drawn Yarn	27	301.00	1662.19	100.00
Drawn Yarn	28	301.00	1662.26	100.00
Drawn Yarn	29	301.00	1662.24	100.00
Drawn Yarn	30	301.00	1662.19	100.00

Report Simulasi Model Skenario 2

skenario 2 (blum beres).MOD (Normal Run - All Reps)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Gudang Produk Akhir	1	21.95	999999.00	277.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	2	21.97	999999.00	257.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	3	22.12	999999.00	277.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	4	22.02	999999.00	269.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	5	22.01	999999.00	274.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	6	21.98	999999.00	267.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	7	22.03	999999.00	266.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	8	21.93	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	9	22.00	999999.00	272.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	10	22.10	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	11	22.00	999999.00	277.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	12	21.98	999999.00	274.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	13	21.98	999999.00	271.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	14	22.03	999999.00	272.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	15	22.13	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	16	22.03	999999.00	274.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	17	22.03	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	18	22.00	999999.00	265.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	19	22.07	999999.00	269.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	20	22.07	999999.00	273.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	21	22.00	999999.00	268.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	22	22.05	999999.00	265.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	23	22.07	999999.00	271.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	24	21.98	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	25	22.04	999999.00	276.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	26	22.05	999999.00	274.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	27	22.08	999999.00	269.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	28	21.99	999999.00	270.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	29	22.08	999999.00	268.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Gudang Produk Akhir	30	22.03	999999.00	274.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

skenario 2 (blum beres).MOD (Normal Run - All Reps)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Buffer Reject	1	21.95	250.00	24.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	2	21.97	250.00	44.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	3	22.12	250.00	24.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	4	22.02	250.00	32.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	5	22.01	250.00	27.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	6	21.98	250.00	34.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	7	22.03	250.00	35.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	8	21.93	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	9	22.00	250.00	29.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	10	22.10	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	11	22.00	250.00	24.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	12	21.98	250.00	27.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	13	21.98	250.00	30.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	14	22.03	250.00	29.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	15	22.13	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	16	22.03	250.00	27.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	17	22.03	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	18	22.00	250.00	36.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	19	22.07	250.00	32.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	20	22.07	250.00	28.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	21	22.00	250.00	33.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	22	22.05	250.00	36.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	23	22.07	250.00	30.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	24	21.98	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	25	22.04	250.00	25.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	26	22.05	250.00	27.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	27	22.08	250.00	32.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	28	21.99	250.00	31.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	29	22.08	250.00	33.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Buffer Reject	30	22.03	250.00	27.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

skenario 2 ubahan.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
Operator.1	1.00	7.02	493.00	0.20	0.32	0.56	0.00	60.96
Operator.2	1.00	7.02	480.00	0.21	0.32	0.54	0.00	60.35
Operator.3	1.00	7.01	474.00	0.20	0.33	0.54	0.00	59.68
Operator.4	1.00	6.95	550.00	0.18	0.29	0.53	0.00	62.54
Operator.5	1.00	6.95	553.00	0.19	0.29	0.51	0.00	63.23
Operator.6	1.00	6.95	527.00	0.20	0.29	0.56	0.00	61.58
Operator.7	1.00	5.01	222.00	0.22	0.31	0.79	0.00	38.59
Operator.8	1.00	5.01	229.00	0.23	0.28	0.77	0.00	39.10
Operator.9	1.00	5.01	225.00	0.22	0.30	0.65	0.00	39.11
Operator	9.00	56.92	3753.00	0.20	0.30	0.58	0.00	55.46
Operator Packaging	1.00	21.95	831.00	0.08	0.00	0.00	0.00	5.22

skenario 2 ubahan.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
FD Chip	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bobbin	301.00	0.00	490.14	6.74	0.00	0.00	483.40
Drawn Yam	301.00	0.00	820.57	12.06	9.79	244.29	554.43

Location Costing for skenario 2 ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Operation Cost Dollars	% Operation Cost	Resource Cost Dollars	% Resource Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
SUM	1	0.00	0.00	1.91	100.00	1.91	100.00
SUM	2	0.00	0.00	1.78	100.00	1.78	100.00
SUM	3	0.00	0.00	1.91	100.00	1.91	100.00
SUM	4	0.00	0.00	1.86	100.00	1.86	100.00
SUM	5	0.00	0.00	1.88	100.00	1.88	100.00
SUM	6	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	7	0.00	0.00	1.85	100.00	1.85	100.00
SUM	8	0.00	0.00	1.85	100.00	1.85	100.00
SUM	9	0.00	0.00	1.87	100.00	1.87	100.00
SUM	10	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	11	0.00	0.00	1.94	100.00	1.94	100.00
SUM	12	0.00	0.00	1.92	100.00	1.92	100.00
SUM	13	0.00	0.00	1.86	100.00	1.86	100.00
SUM	14	0.00	0.00	1.87	100.00	1.87	100.00
SUM	15	0.00	0.00	1.87	100.00	1.87	100.00
SUM	16	0.00	0.00	1.89	100.00	1.89	100.00
SUM	17	0.00	0.00	1.89	100.00	1.89	100.00
SUM	18	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	19	0.00	0.00	1.86	100.00	1.86	100.00
SUM	20	0.00	0.00	1.89	100.00	1.89	100.00
SUM	21	0.00	0.00	1.85	100.00	1.85	100.00
SUM	22	0.00	0.00	1.84	100.00	1.84	100.00
SUM	23	0.00	0.00	1.89	100.00	1.89	100.00
SUM	24	0.00	0.00	1.85	100.00	1.85	100.00
SUM	25	0.00	0.00	1.90	100.00	1.90	100.00
SUM	26	0.00	0.00	1.89	100.00	1.89	100.00
SUM	27	0.00	0.00	1.86	100.00	1.86	100.00
SUM	28	0.00	0.00	1.86	100.00	1.86	100.00
SUM	29	0.00	0.00	1.87	100.00	1.87	100.00
SUM	30	0.00	0.00	1.88	100.00	1.88	100.00



Resource Costing for skenario 2 ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Units	NonUse Cost Dollars	% NonUse Cost	Usage Cost Dollars	% Usage Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
Operator	1	9.00	8.45	76.47	383.98	99.96	392.43	99.31
Operator	2	9.00	8.93	77.35	366.67	99.96	375.60	99.27
Operator	3	9.00	8.64	76.70	383.92	99.96	392.56	99.30
Operator	4	9.00	8.72	76.93	375.47	99.96	384.19	99.29
Operator	5	9.00	8.76	77.04	371.65	99.96	380.41	99.28
Operator	6	9.00	8.76	77.05	372.63	99.96	381.39	99.28
Operator	7	9.00	8.75	76.98	375.81	99.96	384.56	99.29
Operator	8	9.00	8.64	76.96	375.71	99.96	384.35	99.29
Operator	9	9.00	9.69	76.91	376.32	99.96	385.01	99.29
Operator	10	9.00	8.85	77.14	375.15	99.96	384.00	99.29
Operator	11	9.00	8.63	76.78	375.08	99.96	383.71	99.29
Operator	12	9.00	8.62	76.79	375.05	99.96	383.67	99.29
Operator	13	9.00	8.65	76.84	377.39	99.96	386.04	99.29
Operator	14	9.00	8.70	76.90	377.28	99.96	385.98	99.29
Operator	15	9.00	8.79	77.00	379.39	99.96	388.18	99.29
Operator	16	9.00	8.66	76.82	377.34	99.96	385.99	99.29
Operator	17	9.00	8.61	76.69	380.84	99.96	389.45	99.30
Operator	18	9.00	8.75	77.02	373.77	99.96	382.52	99.29
Operator	19	9.00	8.74	76.96	378.69	99.96	387.44	99.29
Operator	20	9.00	8.71	76.90	378.58	99.96	387.29	99.29
Operator	21	9.00	8.76	77.05	373.48	99.96	382.25	99.29
Operator	22	9.00	8.88	77.24	370.54	99.96	379.43	99.28
Operator	23	9.00	8.61	76.66	383.24	99.96	391.84	99.30
Operator	24	9.00	8.78	77.11	370.80	99.96	379.58	99.28
Operator	25	9.00	8.68	76.87	376.50	99.96	385.18	99.29
Operator	26	9.00	8.76	77.00	373.50	99.96	382.26	99.28
Operator	27	9.00	8.87	77.21	371.86	99.96	380.74	99.28
Operator	28	9.00	8.72	76.96	375.38	99.96	384.09	99.29
Operator	29	9.00	8.88	77.21	370.86	99.96	379.74	99.28
Operator	30	9.00	8.70	76.90	376.93	99.96	385.63	99.29

Resource Costing for skenario 2 ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replication	Units	NonUse Cost Dollars	% NonUse Cost	Usage Cost Dollars	% Usage Cost	Total Cost Dollars	% Total Cost
Operator Packaging	1	1.00	2.60	23.53	0.14	0.04	2.74	0.69
Operator Packaging	2	1.00	2.62	22.65	0.13	0.04	2.75	0.73
Operator Packaging	3	1.00	2.62	23.30	0.14	0.04	2.76	0.70
Operator Packaging	4	1.00	2.61	23.07	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	5	1.00	2.61	22.96	0.14	0.04	2.75	0.72
Operator Packaging	6	1.00	2.61	22.95	0.14	0.04	2.75	0.72
Operator Packaging	7	1.00	2.62	23.02	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	8	1.00	2.60	23.14	0.14	0.04	2.74	0.71
Operator Packaging	9	1.00	2.61	23.09	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	10	1.00	2.62	22.86	0.14	0.04	2.76	0.71
Operator Packaging	11	1.00	2.61	23.22	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	12	1.00	2.61	23.21	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	13	1.00	2.61	23.16	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	14	1.00	2.61	23.10	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	15	1.00	2.62	23.00	0.14	0.04	2.77	0.71
Operator Packaging	16	1.00	2.61	23.18	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	17	1.00	2.62	23.31	0.14	0.04	2.75	0.70
Operator Packaging	18	1.00	2.61	22.98	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	19	1.00	2.62	23.04	0.14	0.04	2.76	0.71
Operator Packaging	20	1.00	2.62	23.10	0.14	0.04	2.76	0.71
Operator Packaging	21	1.00	2.61	22.95	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	22	1.00	2.62	22.76	0.14	0.04	2.76	0.72
Operator Packaging	23	1.00	2.62	23.34	0.14	0.04	2.76	0.70
Operator Packaging	24	1.00	2.61	22.89	0.14	0.04	2.75	0.72
Operator Packaging	25	1.00	2.61	23.13	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	26	1.00	2.62	23.00	0.14	0.04	2.76	0.72
Operator Packaging	27	1.00	2.62	22.79	0.14	0.04	2.76	0.72
Operator Packaging	28	1.00	2.61	23.04	0.14	0.04	2.75	0.71
Operator Packaging	29	1.00	2.62	22.79	0.14	0.04	2.76	0.72
Operator Packaging	30	1.00	2.61	23.10	0.14	0.04	2.75	0.71

Entity Costing for skenario 2 ubahan + revisi (30 replications)

Name	Replicatio n	Explicit Exits	Total Cost Dollars	% Total Cost
Drawn Yarn	1	301.00	1662.25	100.00
Drawn Yarn	2	301.00	1662.02	100.00
Drawn Yarn	3	301.00	1662.24	100.00
Drawn Yarn	4	301.00	1662.17	100.00
Drawn Yarn	5	301.00	1662.19	100.00
Drawn Yarn	6	301.00	1662.15	100.00
Drawn Yarn	7	301.00	1662.14	100.00
Drawn Yarn	8	301.00	1662.15	100.00
Drawn Yarn	9	301.00	1662.18	100.00
Drawn Yarn	10	301.00	1662.12	100.00
Drawn Yarn	11	301.00	1662.29	100.00
Drawn Yarn	12	301.00	1662.26	100.00
Drawn Yarn	13	301.00	1662.17	100.00
Drawn Yarn	14	301.00	1662.18	100.00
Drawn Yarn	15	301.00	1662.17	100.00
Drawn Yarn	16	301.00	1662.22	100.00
Drawn Yarn	17	301.00	1662.23	100.00
Drawn Yarn	18	301.00	1662.13	100.00
Drawn Yarn	19	301.00	1662.15	100.00
Drawn Yarn	20	301.00	1662.20	100.00
Drawn Yarn	21	301.00	1662.14	100.00
Drawn Yarn	22	301.00	1662.11	100.00
Drawn Yarn	23	301.00	1662.22	100.00
Drawn Yarn	24	301.00	1662.15	100.00
Drawn Yarn	25	301.00	1662.24	100.00
Drawn Yarn	26	301.00	1662.21	100.00
Drawn Yarn	27	301.00	1662.14	100.00
Drawn Yarn	28	301.00	1662.16	100.00
Drawn Yarn	29	301.00	1662.16	100.00
Drawn Yarn	30	301.00	1662.19	100.00