

**USULAN PERBAIKAN TINGKAT KUALITAS DAN JUMLAH CACAT
DENGAN PENDEKATAN *SIX SIGMA* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA)***

(Studi Kasus di PT Primissima)

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Angelina Puspitha Sunastiko

No. Mahasiswa : 10 522 206

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2014**

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Yogyakarta, Desember 2014

Angelina Puspitha Sunastiko
10522206



PT. PRIMISSIMA (Persero)

Jl. Raya Magelang Km. 15 Medari Sleman Yogyakarta 55515, Indonesia Telp. (0274) 868 408, Fax. (0274) 868 417 e-mail: sekretariat@primissima.co.id - marketing@primissima.co.id

SURAT KETERANGAN

No:303/600/Ket/2014

PT. PRIMISSIMA(Persero) Medari Sleman Yogyakarta, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Angelina Puspitha Sunastiko
No. Mahasiswa : 10522206
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia
Mulai Riset : 5 Agustus 2014 – 5 September 2014
Judul : Pengukuran Tingkat Kualitas dan Mipasi Cacat Dengan Pendekatan Lean Six Sigma dan Failur Mode And Effect Analysis (FMEA)

telah selesai melaksanakan riset di PT PRIMISSIMA(Persero), Medari, Sleman, Yogyakarta.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medari, 4 Desember 2014



Surve Nugroho, SE.
Kepala Sekretariat

LEMBAR PENGESAHAN

**USULAN PERBAIKAN TINGKAT KUALITAS DAN JUMLAH CACAT DENGAN
PENDEKATAN *SIX SIGMA* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*
(FMEA)**

(Studi Kasus di PT Primissima)

TUGAS AKHIR

Nama : Angelina Puspitha Sunastiko
No. Mahasiswa : 10522206

Yogyakarta, Desember 2014

Dosen Pembimbing



Dr. HR. Abdul Jalal, MM.



LEMBAR PENGESAHAN

**USULAN PERBAIKAN TINGKAT KUALITAS DAN JUMLAH CACAT DENGAN
PENDEKATAN *SIX SIGMA* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*
(FMEA)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Angelina Puspitha Sunastiko
No. Mahasiswa : 10522206

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

Yogyakarta, Januari 2015

Tim Penguji
Drs. HR. Abdul Jalal, MM.
Ketua

Harwati, S.T., M.T.
Anggota I

Sri Indrawati, S.T., M.Eng.
Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah atas rahmat dan karunia Allah SWT Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Kupersembahkan hasil karyaku ini untuk

Ayahku Bambang Sunarko dan mamaku C. Nastiti Retna Sulandjari tersayang, yang telah memberikan banyak inspirasi, dukungan, motivasi dan do`a kepadaku, serta limpahan kasih sayang yang tiada hentinya dilimpahkan kepadaku.

Kakak perempuanku Kharina Putrie Sunastiko yang terus menyemangatiku,

Terima kasih atas nasehat, motivasi, dan do`a yang telah diberikan kepadaku

Novan Annas Widhetya yang terus memberikan motivasi,

Terima kasih atas perhatian, dukungan, dan do`a yang telah diberikan kepadaku

Sahabat, teman dekat, dan teman-teman Teknik Industri

Terima kasih atas dukungan, motivasi dan bantuan yang telah kalian berikan selama ini

MOTTO

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ﴿١٣﴾

“Maka nikmat Tuhan-mu yang manakah yang kamu dustakan”

QS : Ar-Rahman (55) : 13

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ﴿٧﴾ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ﴿٨﴾

"Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai suatu tugas, mulailah tugas yang lain dengan sungguh-sungguh. Dan hanya kepada Tuhanmu hendaknya kau berharap"

QS : Asy-Syarh (94) : 6-8

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ ﴿١٥٣﴾

Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolong, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar"

QS : Al-Baqarah (2) : 153

KATA PENGANTAR

Assalamu`alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya berupa ilmu, kekuatan dan kesempatan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhirnya. Shalawat dan salam juga saya berikan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya dan sahabatnya agar selalu dilimpahkan rahmat dan syafa`atnya.

Laporan Tugas Akhir ini diselesaikan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses pelaksanaan Tugas Akhir ini penulis tidak lepas dari bantuan do`a, bimbingan, dorongan, dan juga bantuan dalam bentuk mental, spiritual, maupun material dari pihak-pihak yang memiliki peran penting dalam terselesainya Tugas Akhir penulis ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman ST., M.Eng, selaku Ketua Prodi Teknik Industri serta pengurus Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Drs. HR. Abdul Jalal, MM. , selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ali Imron, selaku Kepala Bagian *Grey Finishing* dan Perencanaan Pengendalian dan Pengembangan Produksi PT. Primissima Yogyakarta yang telah memberikan izin, bimbingan serta arahan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
5. Seluruh karyawan PT. Primissima Yogyakarta yang telah membantu penulis dalam melengkapi data penelitian yang penulis butuhkan.
6. Kedua orang tua dan kakak perempuanku atas segala do`a, bantuan, motivasi, dukungan dan kasih sayang yang tiada hentinya.
7. Semua pihak yang telah memberikan semangat dan bantuan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun masyarakat, khususnya dalam dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Wassalamu`alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Desember 2014

Penulis

ABSTRAK

PT. Primissima merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang tekstil yang berdiri sejak tahun 1971. Dalam pengoperasiannya PT. Primissima tentu tidak lepas dari masalah-masalah pengendalian kualitas produk dan menjaga konsistensi dari kualitas produk. Oleh karena itu salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan pengendalian kualitas dengan menggunakan metode *Six Sigma* pada proses produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perolehan level sigma yang dicapai dan mendapatkan rancangan konsep *Six Sigma* pada Departemen *Grey Finishing* PT. Primissima dalam mengurangi tingkat cacat. Penulis menggunakan *tools* dari *Six Sigma* dengan pendekatan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) agar dapat mengurangi cacat hasil proses yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa PT. Primissima telah mencapai level sigma 3,10 pada atribut. Pada variabel kualitas benang mempunyai level sigma 2,72 dan variabel *unevenness* mempunyai level sigma 3,70. Terdapat 3 CTQ terbesar yaitu pakan rangkap (31,5 %), lusi putus (23,5%) dan benang bebas (15%). Kemudian dengan menggunakan metode FMEA diperoleh nilai RPN (*Risk Priority Number*) sebesar 245 yang merupakan nilai terbesar sehingga dibutuhkan tindakan sesegera mungkin. Rekomendasi yang dapat diberikan untuk PT. Primissima berdasarkan analisis tersebut adalah dengan cara mengutamakan mengganti dan melakukan perawatan pada mesin khususnya pada komponen yang sering mengalami kerusakan. Diharapkan rencana perbaikan tersebut dapat dilaksanakan dan meningkatkan kualitas produk.

Kata Kunci: Kualitas, DMAIC, *Six Sigma*, DPMO, FMEA.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	ii
SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II KAJIAN LITERATUR

2.1 Kualitas.....	6
2.2 Pengertian Pengendalian.....	9
2.3 Pengendalian Kualitas.....	10
2.4 Pendekatan <i>Six Sigma</i>	13
2.5 Alat Pengendalian Kualitas <i>Six Sigma</i>	20
2.5.1 SIPOC (<i>Supplier-Input-Process-Output-Customer</i>).....	21
2.5.2 Diagram Operasi (<i>Operation Process Chart</i>).....	22
2.5.3 Diagram Pareto.....	23
2.5.4 <i>Critical to Quality</i>	24
2.5.5 Tingkat Sigma dan Kemampuan Proses.....	24
2.5.5.1 Tingkat Sigma.....	24
2.5.5.2 Kapabilitas Proses.....	25
2.5.6 Diagram <i>Fishbone</i>	28
2.5.7 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	30
2.5.8 <i>Control Chart</i>	34
2.5.8.1 Peta Kendali untuk Data Atribut.....	34
2.5.8.2 Peta Kendali untuk Data Variabel.....	36
2.5.9 5W + 2H.....	37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian.....	39
3.2 Identifikasi Masalah.....	39
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	39

3.4 Pengolahan Data.....	40
3.4.1 Tahap <i>Define</i>	40
3.4.2 Tahap <i>Measure</i>	40
3.4.3 Tahap <i>Analyze</i>	44
3.4.4 Tahap <i>Improve</i>	46
3.4.5 Tahap <i>Control</i>	47
3.5 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	48

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data.....	49
4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan.....	49
4.1.2 Produk dan Bisnis PT. Primissima.....	50
4.1.3 Tinjauan Produksi.....	51
4.1.3.1 Bahan Baku.....	51
4.1.3.2 Mesin.....	51
4.1.3.3 Hasil Produksi.....	51
4.1.4 Proses Produksi PT. Primissima.....	52
4.2 Pengolahan Data.....	57
4.2.1 Tahap <i>Define</i>	57
4.2.1.1 Diagram SIPOC.....	57
4.2.1.2 <i>Operation Process Chart</i>	59
4.2.2 Tahap <i>Measure</i>	60
4.2.2.1 Menentukan <i>Critiqal to Quality</i> (CTQ).....	60
4.2.2.2 Data Atribut.....	61
4.2.2.2.1 Grafik Pengendali P.....	61
4.2.2.2.2 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma.....	63
4.2.2.3 Data Variabel.....	66
4.2.2.3.1 Variabel Kualitas Benang.....	66
4.2.2.3.2 Variabel <i>Unevenness</i>	72
4.2.3 Tahap <i>Analyze</i>	77
4.2.3.1 Menentukan Stabilitas Proses dan Kapabilitas Proses.....	77
4.2.3.1.1 Kualitas Benang (Spesifikasi IMB 560 ± 60).....	77
4.2.3.1.2 <i>Unevenness</i> (Spesifikasi Nilai $15 + 0,5\%$).....	79
4.2.3.2 Mengidentifikasi Sumber Penyebab Kecacatan Produk.....	81
4.2.3.2.1 Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Pakan Rangkap.....	81
4.2.3.2.2 Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Lusi Putus.....	82
4.2.3.2.3 Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Benang Bebas.....	83
4.2.3.3 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	84
4.2.4 Tahap <i>Improve</i>	86
4.2.4.1 Usulan Perbaikan dengan Metode 5W + 2H.....	86
4.2.5 Tahap <i>Control</i> (Pengawasan).....	88

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Tahap <i>Define</i>	89
5.2 Tahap <i>Measure</i>	90
5.2.1 Penentuan <i>Critiqal to Quality</i>	90
5.2.2 Hasil Tingkat Ketidaksesuaian dan Uji Kendali Produk.....	90
5.2.3 Hasil Pengukuran Baseline Kinerja (DPMO dan Tingkat Sigma) Data Atribut	91

5.2.4 Hasil Pengukuran Baseline Kinerja (DPMO dan Tingkat Sigma) Data Variabel	91
5.3 Tahap Analyze.....	92
5.3.1 Analisa Stabilitas Proses.....	92
5.3.2 Analisa Kapabilitas Proses.....	92
5.3.3 Identifikasi Sumber dan Akar Penyebab Kecacatan.....	94
5.3.3.1 Analisis Diagram Fishbone.....	94
5.3.3.2 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	96
5.4 Tahap <i>Improve</i>	98
5.5 Tahap <i>Control</i>	98
 BAB VI PENUTUP	
6.1 Kesimpulan.....	100
6.2 Saran.....	101
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Perbedaan true 6-sigma dengan Motorola 6-sigma	19
Tabel 2.2 Simbol Diagram Operasi.....	22
Tabel 2.3 Rangking <i>Severity</i>	31
Tabel 2.4 Rangking <i>Occurrence</i>	32
Tabel 2.5 Rangking <i>Detection</i>	33
Tabel 2.6 Kelas Interval Nilai RPN.....	33
Tabel 3.1 Rangking <i>Severity</i>	44
Tabel 3.2 Rangking <i>Occurence</i>	45
Tabel 3.3 Rangking <i>Detection</i>	45
Tabel 3.4 Kelas Interval Nilai RPN.....	46
Tabel 4.1 Produk Benang dan Kain PT. Primissima.....	50
Tabel 4.2 Kain yang Menghasilkan Kecacatan Terbanyak.....	60
Tabel 4.3 Produk Kain PS217 Berdasarkan Karakteristik Jenis Cacat.....	60
Tabel 4.4 Pengolahan Data Ketidaksesuaian Produk Kain PS217.....	61
Tabel 4.5 DPMO dan Tingkat Sigma Kain PS.217 pada bulan Agustus 2014.....	63
Tabel 4.6 Spesifikasi kain PS217.....	66
Tabel 4.7 Pengolahan Data untuk Kualitas Benang.....	66
Tabel 4.8 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma untuk Variabel Kualitas Benang.....	69
Tabel 4.9 Pengolahan Data untuk <i>Unevenness</i>	72
Tabel 4.10 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma untuk Variabel <i>Unevenness</i>	74
Tabel 4.11 Penilaian <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	84
Tabel 4.12 Tabel FMEA dengan Prioritas Tindakan.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep Six Sigma Motorola dengan Distribusi Normal 1,5-Sigma.....	19
Gambar 2.2 Diagram SIPOC.....	22
Gambar 2.3 Contoh CTQ <i>Tree</i>	24
Gambar 2.4 Diagram <i>Fishbone</i>	30
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	48
Gambar 4.1 Proses Produksi PT. Primissima.....	53
Gambar 4.2 Diagram SIPOC PT. Primissima.....	58
Gambar 4.3 <i>Operation Process Chart</i>	59
Gambar 4.4 Diagram Pareto pada Kain PS217.....	61
Gambar 4.5 Grafik Peta Kendali P Ketidaksesuaian Produk	63
Gambar 4.6 Grafik DPMO.....	65
Gambar 4.7 Grafik Nilai Sigma	66
Gambar 4.8 Peta Kendali R Kualitas Benang.....	68
Gambar 4.9 Peta Pengendali X Kualitas Benang.....	69
Gambar 4.10 Grafik Pola DPMO untuk Kualitas Benang	71
Gambar 4.11 Grafik Pola Kapabilitas Sigma untuk Kualitas Benang	71
Gambar 4.12 Peta Kendali R <i>Unevenness</i>	73
Gambar 4.13 Peta Pengendali Xbar <i>Unevenness</i>	74
Gambar 4.14 Grafik Pola DPMO untuk <i>Unevenness</i>	76
Gambar 4.15 Grafik Pola Kapabilitas Sigma untuk <i>Unevenness</i>	76
Gambar 4.16 Peta Kendali $\bar{X}$ Kualitas Benang Berdasarkan Konsep <i>Six Sigma Motorola</i>	78
Gambar 4.17 Peta Kendali $\bar{X}$ <i>Unevenness</i> berdasarkan Konsep <i>Six Sigma</i>	80
Gambar 4.18 Diagram <i>Fishbone</i> Jenis Cacat Pakan Rangkap	81
Gambar 4.19 Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Jenis Cacat Lusi Putus	82
Gambar 4.20 Diagram <i>Fishbone</i> Jenis Cacat Benang Bebas	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri garmen dan tekstil di Indonesia semakin lama semakin berkembang, mulai dari pabrik-pabrik garmen hingga dengan tingkat UKM garmen. Perkembangan industri garmen begitu banyak menarik perhatian. Indonesia sendiri mencatat lebih dari 200 pabrik garmen dengan merk-merk ternama. Sangat jelas saat ini persaingan antar perusahaan semakin ketat. Tujuan yang diharapkan oleh perusahaan adalah untuk mendapatkan profit yang sebesar-besarnya dan memberikan kepuasan kepada pelanggan. Dalam hal ini mutu atau kualitas produk menjadi faktor penentu keputusan konsumen dalam menentukan pilihan pada suatu produk. Perusahaan harus memiliki keunggulan terhadap kualitas produk yang dihasilkan, agar produk mereka dapat bersaing dan memiliki keunggulan yang kompetitif.

Menurut Siagian dalam Niviari (2008) dengan perkembangan teknologi yang semakin maju dan pesatnya kondisi pasar industri menuntut perusahaan harus mampu memberikan kepuasan kepada para konsumen dengan cara memberikan produk atau jasa yang sesuai dengan standar kualitas sesuai dengan tujuan perusahaan. Oleh karena itu perusahaan dituntut untuk memproduksi barang dan jasa yang berkualitas tinggi agar konsumen bisa memenuhi kebutuhan. Didalam kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan secara efektif dan efisien apabila melakukan pengendalian mutu untuk mengurangi produk yang mengalami kegagalan atau rusak supaya mencapai standar kualitas yang ditetapkan. Walaupun proses produksi maupun manajemen mutu telah dilaksanakan dengan baik, namun pada kenyataannya masih ditemukan terjadinya kesalahan-kesalahan dimana mutu produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar kualitas apa yang diharapkan oleh perusahaan maupun konsumen, faktor-faktor yang

menyebabkan suatu produk tidak sesuai dengan apa yang diharapkan disebabkan oleh bahan baku, tenaga kerja dan kinerja mesin (peralatan). Pengendalian mutu atau kualitas merupakan salah satu fungsi yang terpenting dari suatu perusahaan.

PT Primissima yang bergerak di bidang industri tekstil merupakan perusahaan yang memproduksi kain yang berdiri sejak tahun 1972. Perusahaan ini masih mempunyai permasalahan yang tampak sering muncul yaitu pada bagian *weaving* yaitu lini yang bertugas untuk memproduksi kain *grey*. Sering sekali ditemukan kain cacat pada produk akhir seperti pakan rangkap, lusi putus, benang bebas, sisa pakan teranyam, kotoran teranyam dan lusi putus teranyam, permasalahan ini muncul di bagian loom yang memproduksi kain *grey* dengan mesin *shuttle loom*. Banyaknya jumlah produk cacat dapat menyebabkan penurunan kualitas yang berakibat pada menurunnya keuntungan yang didapatkan oleh perusahaan. Pengaruh produk cacat pada perusahaan berdampak pada biaya kualitas, *image* perusahaan dan kepuasan konsumen. Semakin banyak produk cacat yang dihasilkan maka semakin besar pula biaya kualitas yang dikeluarkan, hal ini didasarkan pada semakin tingginya biaya kualitas yang dilakukan pada produk cacat maka akan muncul tindakan inspeksi, *rework*, dan sebagainya. Begitu juga semakin tinggi produk cacat maka *image* perusahaan akan semakin turun, hal ini dikarenakan konsumen menilai suatu perusahaan dikatakan baik apabila menghasilkan produk yang berkualitas serta memberikan kepuasan terhadap konsumen dan jika konsumen menilai produk yang dihasilkan kurang memuaskan, maka perusahaan akan dinilai kurang baik oleh konsumen dan berdampak pada kepercayaan konsumen terhadap kualitas dari produk yang dihasilkan. Berdasarkan permasalahan tersebut, untuk dapat mengatasinya perlu adanya pengendalian kualitas produk bagi perusahaan. Pengendalian kualitas tidak hanya berfokus pada akhir produksi saja, namun harus mencakup keseluruhan produksi mulai bahan baku hingga barang setengah jadi sampai barang jadi. Oleh karena itu, pengendalian kualitas harus dilakukan dengan benar sehingga meminimasi kecacatan produk dan dapat meningkatkan kepuasan konsumen.

Upaya untuk mengurangi produk cacat terdapat beberapa metode pengendalian kualitas yang dapat digunakan. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mengurangi tingkat kegagalan produk yang dihasilkan pada proses produksi dan menghasilkan produk yang berkualitas. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Six Sigma* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Metode *Six Sigma*

merupakan sebuah metodologi yang menyediakan alat-alat untuk meningkatkan proses bisnis dengan cara mengukur kinerja bisnis, kemudian menerapkan data dan analisis sedemikian rupa untuk meningkatkan kualitas produk secara berkesinambungan untuk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Sedangkan FMEA adalah teknik yang digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi dan menghilangkan kegagalan dan masalah pada proses produksi, baik permasalahan yang telah diketahui maupun yang potensial terjadi pada sistem. FMEA dapat memberikan usulan perbaikan pada proses produksi yang mempunyai tingkat kegagalan yang tinggi.

Dengan demikian, pada penulisan penelitian ini diusulkan sistem pengendalian kualitas dengan pendekatan metode *Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analysis, Improve dan Control)* sebagai teknik yang dapat mengevaluasi pengendalian dan peningkatan kualitas dengan harapan menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). *Six sigma* merupakan konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan cacat atau kerusakan mencapai enam sigma berarti proses menghasilkan hanya 3,4 cacat per sejuta kesempatan (DPMO). Selanjutnya adalah membuat analisis untuk perbaikan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. FMEA merupakan teknik yang digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi dan menghilangkan kegagalan dan masalah pada proses produksi, baik permasalahan yang telah diketahui maupun yang potensial terjadi pada sistem. Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor pada masing-masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat keparahan (*severity*), tingkat kejadian (*occurence*) dan tingkat deteksi (*detection*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapa tingkat sigma dan DPMO yang dimiliki oleh PT. Primissima?
2. Jenis cacat dan pemborosan apa saja yang terjadi yang mempengaruhi kualitas produk pada PT Primissima?
3. Bagaimana upaya perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi cacat dan pemborosan yang terjadi?

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini diharapkan tidak menyimpang dari tujuan yang diinginkan, untuk itu diberikan batasan-batasan masalah yang ada didalam perusahaan yaitu:

1. Obyek penelitian dilakukan pada bagian *Grey Finishing* pada PT Primissima.
2. Pengukuran performansi kualitas dilakukan pada tingkat proses produksi akhir.
3. Faktor yang diamati adalah faktor penyebab jumlah produk cacat.
4. Data jumlah cacat yang diambil untuk perhitungan nilai sigma produk cacat adalah data jumlah cacat pada bulan Agustus 2014.
5. Tidak dilakukan penelitian terhadap biaya produksi.
6. Tidak dilakukan penelitian terhadap proses pembuatan benang.
7. Produk yang diteliti adalah kain yang dihasilkan pada mesin *Shuttle Loom* jenis kain PS217.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat sigma dan DPMO pada perusahaan.
2. Mengetahui faktor penyebab terjadinya pemborosan dan mengusulkan cara untuk memperbaiki dan pengendalian untuk perusahaan.
3. Memberikan usulan perbaikan dan pengendalian untuk perusahaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dengan penelitian ini adalah

1. Dapat mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya pemborosan sehingga dapat diambil tindakan perbaikan untuk produksi yang akan datang.
2. Dapat mengetahui pada proses mana yang paling besar terjadinya pemborosan.
3. Dapat mengurangi produk cacat atau pengulangan kerja.
4. Dapat meningkatkan mutu produk perusahaan.
5. Sebagai bahan pertimbangan perusahaan dalam melakukan pengawasan kualitas produk, serta upaya dalam peningkatan produktivitas produk.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistem penulisan laporan dalam penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini memuat latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini dijelaskan mengenai konsep dan teori yang digunakan sebagai landasan dalam penelitian, terutama yang berhubungan dengan konsep *lean six sigma* dan *failure mode and effect analysis*. Tujuan bab ini adalah untuk memberikan dasar atau acuan secara ilmiah yang berguna untuk membentuk kerangka berpikir yang berguna dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai metode atau cara yang berupa langkah-langkah yang harus ditempuh dalam melakukan penelitian ini, mulai dari penelitian pendahuluan, identifikasi masalah, studi pustaka, pengumpulan data hingga pengolahan data.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan mengenai cara pengambilan data, pengolahan data, analisis serta hasil yang diperoleh dari penggunaan metode *lean six sigma* dan *failure mode and effect analysis*.

BAB V PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan mengenai pembahasan atau diskusi penelitian yang sesuai dengan latar belakang masalah, rumusan masalah serta tujuan penelitian yang diarahkan pada kesimpulan dari penelitian.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini terdapat kesimpulan dari penelitian serta saran yang diajukan kepada penelitian selanjutnya berdasarkan hasil analisa yang merupakan suatu hasil dari penyelesaian masalah dan tanggapan yang diberikan terhadap hasil peneliti.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 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 dalam Vivialita, 2012 :

1. Menurut Juran (1963) “ kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya”.
2. Menurut Crosby (1979) “ kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *Availability, delivery, realibility, maintainability* dan *cost effectiveness*”.
3. Menurut Deming “ kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan di masa mendatang”.
4. Menurut Feigenbaum (1991) “ kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture* dan *maintenance*, dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan”.
5. Menurut Goetsch dan Davis (1995) “ kualitas sebagai suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, jasa, manusia, proses dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan”.
6. Menurut SNI 19-8402-1991 “ kualitas sebagai keseluruhan ciri dan karakteristik suatu produk atau jasa dalam kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Kebutuhan didefinisikan sebagai spesifikasi yang terdapat dalam suatu kontrak maupun kriteria-kriteria yang harus dirincikan terlebih dahulu”.

Kualitas berkaitan erat dengan kepuasan pelanggan. Kualitas memberikan dorongan khusus bagi para pelanggan untuk menjalin ikatan relasi saling menguntungkan dalam jangka panjang dengan perusahaan. Ikatan emosional semacam ini memungkinkan perusahaan untuk memahami dengan seksama harapan dan kebutuhan spesifik pelanggan. Pada gilirannya, perusahaan dapat meningkatkan kepuasan pelanggan, di mana perusahaan memaksimalkan pengalaman pelanggan yang menyenangkan dan meminimumkan atau meniadakan pengalaman pelanggan yang kurang menyenangkan. Selanjutnya, kepuasan pelanggan berkontribusi pada terciptanya rintangan beralih (*switching barriers*), biaya beralih (*switching costs*), dan loyalitas pelanggan.

Secara langsung, kualitas produk dipengaruhi oleh 9 bidang dasar atau kemudian diistilahkan dengan 9M. Pada saat ini setiap bidang industri tergantung pada sejumlah besar kondisi pembebanan produksi melalui suatu cara yang tidak pernah dialami dalam periode sebelumnya (Feigenbaum, 2002; Vivialita, 2012) :

1. *Market* (Pasar)

Jumlah produk baru dan memuaskan yang ditawarkan di pasar terus berkembang pada laju eksplosif. Konsumen diarahkan untuk mempercayai *statement* bahwa sebuah produk dapat memenuhi hampir setiap kebutuhan. Pada masa sekarang konsumen meminta dan memperoleh produk yang lebih baik dalam pemenuhan kebutuhannya. Ruang lingkup pasar menjadi lebih besar dan secara fungsional lebih spesifik terhadap barang yang ditawarkan. Dengan bertambahnya jumlah perusahaan, pasar menjadi bersifat internasional dan mendunia. Sehingga, bisnis harus fleksibel dan dapat berubah arah dengan cepat.

2. *Money* (Uang)

Persaingan dalam banyak bidang yang meningkat bersamaan dengan fluktuasi ekonomi dunia, telah menurunkan batas (marjin) laba. Pada waktu yang bersamaan, kebutuhan otomatisasi dan mekanisme mendorong pengeluaran biaya yang besar untuk perlengkapan dan proses yang baru. Penambahan investasi perusahaan yang berimbas pada naiknya produktivitas dapat mengalami kerugian besar yang disebabkan oleh barang cacat dan pengulangan kerja. Kenyataan ini dijelaskan oleh manajer bidang biaya kualitas sebagai salah satu dari “titik lunak” dimana kerugian dan biaya operasi dapat diturunkan guna memperbaiki laba.

3. *Management* (Manajemen)

Tanggung jawab terhadap kualitas telah didistribusikan pada beberapa kelompok khusus. Bagian pemasaran melalui fungsinya sebagai perencanaan produk harus membuat kriteria-kriteria produk. Bagian perancangan bertanggung jawab untuk merancang produk yang akan memenuhi kriteria tersebut. Bagian produksi memperbaiki dan mengembangkan kembali proses untuk memberikan kemampuan yang cukup agar produk sesuai dengan spesifikasi rancangan. Bagian pengendalian kualitas membuat rencana pengukuran kualitas terhadap seluruh aliran proses yang menjamin hasil akhir memenuhi persyaratan kualitas pelayanan. Ketika produk sampai pada konsumen menjadi bagian yang penting dari paket produk total. Hal ini menambah beban manajemen puncak, khususnya adanya kesulitan dalam mengalokasikan tanggung jawab yang efektif untuk mengoreksi penyimpangan dalam standar kualitas.

4. *Men* (Manusia)

Pertumbuhan yang cepat dalam penciptaan bidang baru dan pengetahuan teknis seperti elektronika komputer mengakibatkan permintaan yang besar akan pekerja dengan keahlian khusus. Situasi ini menciptakan permintaan akan ahli teknik sistem yang mengajak spesialisasi bidang untuk merencanakan, menciptakan dan megoperasikan berbagai sistem yang akan menjamin hasil produk yang diinginkan.

5. *Motivation* (Motivasi)

Motivasi manusia dalam bekerja berupa adanya *reward*. Sehingga pekerja masa kini menginginkan sesuatu yang memperkuat rasa keberhasilan dalam pekerjaan mereka dan pengakuan bahwa mereka memberikan sumbangan atas tercapainya tujuan perusahaan. Hal ini mengarah pada kebutuhan pendidikan kualitas dan komunikasi yang lebih baik tentang kesadaran kualitas.

6. *Material* (Bahan)

Biaya produksi dan persyaratan kualitas menyebabkan adanya pemilihan bahan dengan batasan yang lebih ketat dan keanekaragaman bahan menjadi lebih besar.

7. *Machine and Mechanization* (Mesin dan mekanisasi)

Permintaan perusahaan untuk mencapai penurunan biaya dan volume produksi guna memuaskan pelanggan telah mendorong penggunaan perlengkapan pabrik yang menjadi lebih rumit dan tergantung pada kualitas bahan yang dimasukkan ke dalam mesin. Kualitas bahan yang baik menjadi faktor paling penting dalam memelihara waktu kerja mesin agar fasilitas tersebut dapat digunakan sepenuhnya.

8. *Modern Information Metode* (Metode Informasi Modern)

Evolusi teknologi komputer membuka kemungkinan dalam mengumpulkan, menyimpan, mengambil kembali dan memanipulasi informasi pada skala yang tidak terbatas. Teknologi informasi ini menyediakan cara untuk mengendalikan mesin dan proses selama proses produksi serta mengendalikan produk bahkan setelah produk sampai ke konsumen. Metode pemrosesan data konstan memberikan kemampuan untuk mengatur informasi yang bermanfaat, tepat waktu dan akurat serta bersifat ramalan yang mendasari keputusan masa depan bisnis.

9. *Mounting Product Requirement* (Persyaratan Proses Produksi)

Kemajuan yang pesat dalam perancangan produk, memerlukan pengendalian yang lebih ketat pada seluruh proses pembuatan produk. Meningkatnya persyaratan prestasi yang lebih tinggi bagi produk menekankan pentingnya keamanan dan keterandalan produk.

2.2 Pengertian Pengendalian

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

Pengendalian menurut Joseph M Juran sebagai keseluruhan cara yang digunakan untuk menentukan dan mencapai tujuan (standar). Pengendalian ini mencegah agar segala sesuatunya tidak menjadi lebih buruk. 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.

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas didefinisikan sebagai aktifitas pengendalian proses untuk membandingkan spesifikasi atau persyaratan, mengukur ciri-ciri kualitas produk dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara penampilan dari hasil produksi yang sebenarnya dengan standar spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengendalian kualitas bertujuan untuk mengendalikan kualitas produk atau jasa yang dapat memberikan kepuasan terhadap konsumen. Pengendalian kualitas statistik merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk menurunkan jumlah kecacatan produk yang dihasilkan, mengurangi biaya produksi dan meningkatkan kualitas pada proses manufakturing (Ahyari, 1990).

Dalam menjalankan suatu aktivitas, pengendalian kualitas merupakan salah satu teknik yang dilakukan mulai dari proses produksi belum berjalan, pada saat proses produksi, hingga akhir proses produksi yang menghasilkan produk akhir. Pengendalian kualitas dilakukan agar produk yang dihasilkan berupa barang atau jasa sesuai dengan standar yang direncanakan dan diinginkan, serta memperbaiki kualitas produk yang belum sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan mempertahankan kualitas yang telah sesuai. Beberapa pengertian mengenai pengendalian kualitas antara lain :

1. Menurut Sofjan Assauri (1998) pengendalian mutu adalah suatu usaha untuk mempertahankan mutu atau kualitas dari barang yang dihasilkan, sehingga sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan.
2. Menurut Vincent Gaspersz (2005), “*Quality control is the operational techniques and activities used to fulfill requirements for quality*”.

3. Pengendalian kualitas adalah suatu alat penting bagi manajemen untuk mempertahankan kualitas yang sudah tinggi, memperbaiki kualitas produk bila dibutuhkan dan mengurangi jumlah barang yang rusak (Reksohadiprojo, 2000).

Untuk melaksanakan pengendalian dalam suatu perusahaan, maka pihak manajemen perusahaan perlu menerapkan kebijakan mengenai pelaksanaan pengendalian kualitas tersebut. Hal ini disebabkan bahwa faktor yang berpengaruh serta menentukan baik atau tidaknya kualitas produk suatu perusahaan terdiri dari beberapa macam hal antara lain bahan baku, tenaga kerja, peralatan produksi dan mesin yang digunakan, di mana faktor tersebut akan memberikan pengaruh yang berbeda, baik dalam besarnya pengaruh yang dihasilkan maupun jenis pengaruh yang ditimbulkan. Dengan demikian supaya pengendalian kualitas yang diterapkan dalam perusahaan tepat mengenai sasarannya serta meminimalkan biaya pengendalian kualitas tersebut, perlu dipilih pendekatan yang tepat oleh perusahaan (Ahyari, 1990; Vivialita, 2012) :

1. Pendekatan Bahan Baku

Pada umumnya dalam perusahaan baik dan buruk kualitas bahan baku memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kualitas produk akhir, bahkan pengaruh kualitas bahan baku yang digunakan untuk pelaksanaan proses produksi oleh beberapa jenis perusahaan sedemikian besar sehingga kualitas dari produk akhir hampir seluruhnya ditentukan oleh pemilihan bahan baku yang digunakan. Ada beberapa perusahaan yang memproduksi suatu produk dimana pemilihan karakteristik bahan baku akan menjadi sangat penting dalam produk perusahaan tersebut. Dalam pendekatan bahan baku, terdapat beberapa hal yang sebaiknya dilaksanakan oleh manajemen perusahaan agar kualitas bahan baku yang diterima dapat dijaga.

- a. Seleksi Sumber Bahan Baku (Pemasok)

Untuk pengadaan bahan baku pada umumnya perusahaan melakukan pemesanan kepada perusahaan lain (sebagai perusahaan pemasok). Pelaksanaan seleksi sumber bahan baku bisa dilakukan dengan melihat pengalaman hubungan perusahaan dan pemasok pada waktu yang lalu atau mengadakan evaluasi pada perusahaan pemasok bahan dengan menggunakan daftar pertanyaan atau dapat dilakukan lebih teliti dengan melakukan penelitian kualitas perusahaan pemasok.

- b. Pemeriksaan Dokumen Pembelian

Hal selanjutnya yang perlu dilakukan setelah menentukan perusahaan pemasok adalah pemeriksaan dokumen pembelian yang ada. Oleh karena itu, dokumen pembelian nantinya akan menjadi referensi dari pembelian bahan baku tersebut. Maka, perlu ketelitian dalam penyusunan dokumen pembelian guna menjadi referensi dalam pengadaan bahan baku tersebut. Beberapa hal yang diperiksa meliputi tingkat harga bahan baku, waktu pengiriman bahan dan tingkat kualitas bahan serta pemenuhan spesifikasi bahan.

c. Pemeriksaan Penerimaan Bahan

Setelah dokumen pembelian yang disusun sudah cukup lengkap maka pemeriksaan penerimaan bahan baku dapat mengacu pada dokumen pembelian tersebut. Terdapat beberapa permasalahan yang perlu diketahui dalam hubungannya dengan kegiatan pemeriksaan bahan baku di dalam gudang perusahaan antara lain rencana pemeriksaan, pemeriksaan dasar, catatan pemeriksaan, pemeriksaan contoh bahan dan penjagaan gudang.

2. Pendekatan Proses Produksi

Pada beberapa perusahaan, proses produksi banyak menentukan kualitas produk akhir. Dengan kata lain dalam perusahaan ini meskipun bahan baku yang digunakan untuk keperluan proses produksi bukan bahan baku dengan kualitas bagus, namun apabila proses produksi dilaksanakan dengan sebaik-baiknya maka bisa diperoleh produk yang memiliki kualitas baik. Pengendalian kualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut lebih baik jika dilaksanakan dengan menerapkan pendekatan proses produksi yang disesuaikan terhadap pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan. Pada umumnya pengendalian kualitas proses produksi dalam suatu perusahaan dilaksanakan dalam 3 tahap :

a. Tahap persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan terhadap segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan pengendalian proses. Tahap ini meliputi waktu pemeriksaan dilaksanakan dan beberapa kali pemeriksaan proses produksi.

b. Tahap Pengendalian Proses

Dalam tahap ini, upaya yang dilakukan yaitu mencegah agar jangan sampai terjadi kesalahan proses yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas produk. Apabila terjadi kesalahan dalam proses produksi maka secepat mungkin dilakukan perbaikan terhadap kesalahan tersebut sehingga tidak mengakibatkan kerugian

lebih besar atau barang dalam proses tersebut dikeluarkan dari proses produksi dan dimasukkan sebagai produk yang gagal.

c. Tahap Pemeriksaan Akhir

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan yang terakhir dari produk yang terdapat dalam proses produksi sebelum dimasukkan ke dalam gudang barang jadi atau didistribusikan ke pasar melalui distributor produk perusahaan.

3. Pendekatan Produk Akhir

Pendekatan produk akhir adalah upaya perusahaan untuk mempertahankan kualitas produk yang dihasilkan dengan melihat produk akhir yang merupakan hasil dari perusahaan tersebut. Dalam pendekatan ini perlu dijelaskan langkah-langkah yang diambil untuk mempertahankan produk agar sesuai dengan standar kualitas yang berlaku. Pendekatan produk akhir dalam pelaksanaan pengendalian kualitas dapat dilakukan dengan cara memeriksa semua produk akhir yang akan dikirimkan kepada para distributor. Dengan demikian apabila terdapat produk yang cacat atau memiliki kualitas dibawah standar yang ditentukan, maka perusahaan dapat memisahkan produk ini dan tidak dikirim kepada para konsumen.

Untuk kerusakan produk, perusahaan mengambil tindakan yang tepat bagi peningkatan kualitas produk akhir guna kelangsungan hidup perusahaan tersebut. Oleh sebab itu perusahaan mengumpulkan informasi mengenai berbagai macam keluhan konsumen. Kemudian dilakukan analisa tentang kelemahan dan kekurangan produk perusahaan sehingga dalam proses berikutnya kualitas produk dapat lebih ditingkatkan.

2.4 Pendekatan Six Sigma

Six Sigma merupakan sebuah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha mengurangi variasi proses (*process variances*) sekaligus mengurangi cacat (produk/jasa yang diluar spesifikasi) dengan menggunakan statistik dan *problem solving tools* secara intensif. Dalam pendekatan *Six Sigma*, proses yang terjadi dalam suatu pabrik atau perusahaan diukur kinerjanya dengan menghitung tingkat sigmanya. Semakin nilai Sigma mendekati enam Sigma maka kinerja dari proses dapat dikatakan sangat baik (Sinudarma Gultom, 2013).

Six Sigma merupakan sebuah proses disiplin tinggi yang membantu mengembangkan dan mengantarkan produk mendekati sempurna. *Six sigma* adalah suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk baik barang maupun jasa (Tri Hendradi, 2006). Dengan demikian *Six Sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja sistem industri tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi target sigma yang dicapai, kinerja sistem industri akan semakin baik. *Six Sigma* juga dapat dianggap sebagai terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan luar biasa dan sebagai pengendalian proses industri yang berfokus pada pelanggan, melalui penekanan pada kemampuan proses (*process capability*).

Six Sigma adalah metode yang digunakan oleh kalangan industri didukung oleh ahli-ahli statistik agar dapat memperbaiki kemampuan proses untuk menghasilkan produk sebesar *Six Sigma* yaitu 3,4 kemungkinan kesalahan dalam 1 juta kali kesempatan produksi (*defects per million opportunities – DPMO*) sehingga hasilnya adalah 99,9996% (Tang et al., 2006). Menurut Gaspersz (2005) terdapat enam aspek kunci yang perlu diperhatikan dalam aplikasi konsep *Six Sigma*, yaitu :

1. Identifikasi pelanggan
2. Identifikasi produk
3. Identifikasi kebutuhan dalam memproduksi produk untuk pelanggan
4. Definisi proses
5. Menghindari kesalahan dalam proses dan menghilangkan semua pemborosan yang ada
6. Tingkatkan proses secara terus menerus menuju target *Six Sigma*.

Pada perspektif metodologi, *six sigma* merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dan peningkatan proses melalui fase DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improvement* dan *Control*). DMAIC merupakan jantung analisis *six sigma* yang menjamin *Voice of Customer* berjalan dalam keseluruhan proses sehingga produk yang diinginkan memuaskan keinginan pelanggan (Hendradi, 2006)

1. *Define*

Define adalah penetapan sasaran dari aktivitas peningkatan kualitas *six Sigma*. Langkah ini untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus

melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci (Gaspersz, 2006). Tanggung jawab dari definisi proses bisnis kunci berada pada manajemen.

2. *Measure*

Suatu tujuan yang baik harus mengikuti prinsip SMART : *Spesific* (tujuan harus dirumuskan secara spesifik), *Measurable* (hal-hal spesifik itu harus dapat diukur), *Achievable* (dapat dicapai), *Result-oriented* (berorientasi pada hasil – *key process output variable* – KPOV) dan *timely* (pencapaian target harus tepat waktu). Langkah-langkah proses dapat menggunakan diagram alir proses (*process flowchart*). Kemudian dilakukan pengukuran-pengukuran yang diperlukan, mencatat hasil-hasil pada kartu pengendalian proses-proses *control cards*, dan melakukan analisis tentang kapabilitas proses jangka pendek dan jangka panjang. Pada tahap *Measure*, terdapat tiga hal penting dalam langkah pengukuran ini, yaitu : (1) memilih karakteristik *Critical-to-quality* (CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan pelanggan, (2) mengukur data pada tingkat *outcome* dan mengukur kinerja proses (Harry et al., 2000).

Measure merupakan tindak lanjut logis terhadap langkah *define* dan merupakan sebuah jembatan untuk langkah berikutnya. Menurut Pete dan Holpp (2002) langkah *Measure* mempunyai dua sasaran utama yaitu :

- a. Mendapatkan data untuk memvalidasi dan mengkualifikasikan masalah dan peluang. Biasanya ini merupakan informasi kritis untuk memperbaiki dan melengkapi anggaran dasar proyek yang pertama.
- b. Memulai menyentuh fakta dan angka-angka yang memberikan petunjuk tentang akar masalah.

Measure merupakan langkah operasional yang kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan, yaitu :

1. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (*Critical to Quality*) kunci. Penetapan *Critical to Quality* kunci harus disertai dengan pengukuran yang dapat dikuantifikasikan dalam angka-angka. Hal ini bertujuan agar tidak menimbulkan persepsi dan interpretasi yang dapat saja salah bagi setiap orang dalam proyek *Six Sigma* dan menimbulkan kesulitan dalam pengukuran karakteristik kualitas keandalan. Dalam mengukur karakteristik kualitas, perlu diperhatikan aspek internal (tingkat kecacatan produk, biaya-

biaya karena kualitas jelek dan lain-lain) dan aspek eksternal organisasi (kepuasan pelanggan, pangsa pasar dan lain-lain).

2. Mengembangkan rencana pengumpulan data

Pengukuran karakteristik kualitas dapat dilakukan pada tingkat, yaitu :

a. Pengukuran pada tingkat proses (*process level*)

Mengukur setiap langkah atau aktivitas dalam proses dan karakteristik kualitas input yang diserahkan oleh pemasok (*supplier*) yang mengendalikan dan mempengaruhi karakteristik kualitas *output* yang diinginkan.

b. Pengukuran pada tingkat output (*output level*)

Adalah mengukur karakteristik kualitas *output* yang dihasilkan dari suatu proses dibandingkan dengan spesifikasi karakteristik kualitas yang diinginkan oleh pelanggan.

c. Pengukuran pada tingkat *outcome* (*outcome level*)

Adalah mengukur bagaimana baiknya suatu produk (barang atau jasa) itu memenuhi kebutuhan spesifik dan ekspektasi rasional dari pelanggan.

d. Pengukuran *baseline* kinerja pada tingkat *output*

Karena proyek peningkatan kualitas *six sigma* yang ditetapkan akan difokuskan pada upaya peningkatkan kualitas menuju ke arah *zero defect* sehingga memberikan kepuasan total kepada pelanggan, maka sebelum proyek dimulai, kita harus mengetahui tingkat kinerja yang sekarang atau dalam terminologi *Six Sigma* disebut dengan *baseline* kinerja, sehingga kemajuan peningkatan yang dicapai setelah memulai proyek *Six Sigma* dapat diukur selama masa berlangsungnya proyek *Six Sigma*.

Pengukuran pada tingkat output ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana *output* akhir tersebut dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan sebelum produk tersebut diserahkan pada pelanggan.

3. *Analyze*

Langkah ini mulai masuk kedalam hal-hal detail, meningkatkan pemahaman terhadap proses dan masalah, serta mengidentifikasi akar masalah. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui seberapa baik proses yang

berlangsung dan mengidentifikasi akar permasalahan yang mungkin menjadi penyebab timbulnya variasi dalam proses (Juran et al., 1993).

Menurut Pande et al. (2000), tujuan dari tahap ini adalah mengidentifikasi langkah-langkah apa yang dibutuhkan untuk dilaksanakan dalam meningkatkan suatu proses dan menurunkan sumber-sumber utama penyebab variasi. Dengan kata lain, tujuan dari optimisasi adalah mencapai terobosan peningkatan dramatik. Hasil-hasil yang diperoleh dalam tahap ini dapat digunakan untuk memodifikasi batas-batas proses yang lebih baik. Pada umumnya akan diperiksa variabel-variabel yang terkait dengan prinsip 7M, berikut ini :

- a. *Manpower* (tenaga kerja) : berkaitan dengan keterampilan kerja.
- b. *Machines* (mesin-mesin) : berkaitan dengan sistem perawatan preventif terhadap mesin-mesin produksi, termasuk fasilitas dan peralatan lain.
- c. *Methods* (metode kerja) : berkaitan dengan metode kerja yang benar, mengikuti prosedur-prosedur kerja yang ditetapkan.
- d. *Materials* (bahan baku dan bahan penolong) : berkaitan dengan kualifikasi dan keseragaman bahan baku dan bahan penolong yang digunakan dalam proses produksi, serta penanganan terhadap bahan baku dan bahan penolong itu.
- e. *Media* : berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang memperhatikan aspek-aspek kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan lingkungan kerja yang kondusif.
- f. *Motivation* (motivasi) : berkaitan dengan sikap kerja yang benar dan profesional (kreatif, proaktif, mampu bekerjasama dalam tim, dll) yang dalam hal ini akan sangat tergantung pada sistem balas jasa dan penghargaan kepada tenaga kerja.
- g. *Money* (keuangan) : berkaitan dengan dukungan keuangan yang mantap guna memperlancar proyek peningkatan kualitas six sigma yang akan diterapkan.

4. *Improvement*

Merupakan langkah operasional keempat dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap ini kita menetapkan suatu rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *six sigma*. Pada

dasarnya rencana-rencana tindakan (*action plan*) akan mendeskripsikan tentang alokasi sumber-sumber daya serta prioritas dan alternatif yang dilakukan dalam implementasi dari rencana itu. Tahap ini merupakan pelaksanaan dari aktifitas perbaikan berdasarkan hasil analisis ditahap sebelumnya. Aktivitas yang direkomendasikan, yang merupakan perbaikan/koreksi terhadap prosedur yang dipakai sebelumnya (Didik Widiyanto dan Bambang Daryanto W, 2013).

5. *Control*

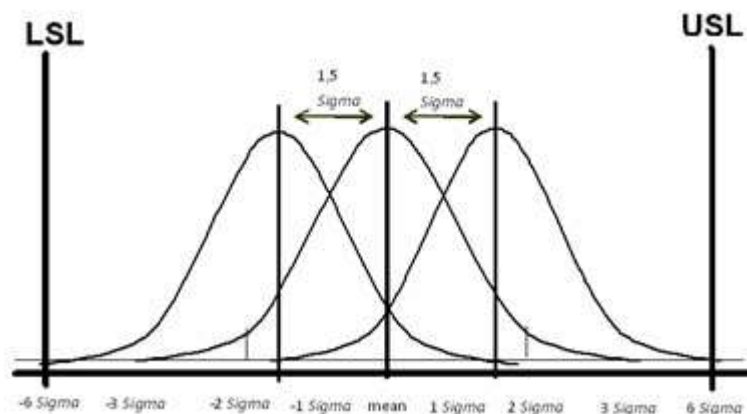
Tahap *control* merupakan tahap terpenting karena perbaikan ulang terhadap proses tidak diinginkan dan keuntungan dari perbaikan yang terus menerus harus didapatkan. Pada bagian ini dilakukan rencana pengendalian (*control plan*) terhadap proses.

Sebagai bagian dari pendekatan *Six Sigma*, perlu adanya pengawasan untuk meyakinkan bahwa hasil-hasil yang diinginkan sedang dalam proses pencapaian apa saja yang seharusnya dilakukan agar rencana-rencana usulan tersebut berjalan dengan baik. Dimana setiap jenis kegiatannya akan dideskripsikan hal yang harus dilakukan agar tujuan yang hendak dicapai yaitu menuju kegagalan nol dapat terlaksana. Pada setiap tindakannya akan diprioritaskan pada sumber kegagalan yang mempunyai penyebab kegagalan terbanyak yaitu pada faktor mesin kemudian dilanjutkan pada faktor-faktor lainnya secara bertahap dan terkendali dengan baik. Keseluruhan rencana tindakan harus dilakukan secara berkesinambungan dan bertanggung jawab. Koordinasi antar pihak yang terkait perlu sekali dilaksanakan untuk menjaga keefektifan dan keefisienan seluruh tujuan yang hendak dicapai (Supriyanto Harry, 2004).

Beberapa keberhasilan Motorola yang patut dicatat dari aplikasi program *six sigma* adalah sebagai berikut :

- a. Peningkatan produktivitas rata-rata 12,3% per tahun.
- b. Penurunan COPQ (*cost of poor quality*) lebih daripada 84%.
- c. Eliminasi kegagalan dalam proses sekitar 99,7%.
- d. Penghematan biaya manufakturing lebih daripada \$11 miliar.
- e. 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 berikut ini :



Gambar 2.1 Konsep Six Sigma Motorola dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5-Sigma

Sumber : Gaspersz, 2002

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

Tabel 2.1 Perbedaan true 6-sigma dengan Motorola 6-sigma

True 6-Sigma Process			Motorola 6-Sigma Process		
Batas spesifikasi (LSL-USL)	Presentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO	Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Presentase 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 bentuk 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 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 ($C_{pm} \geq 2$).

2.5 Alat Pengendalian Kualitas *Six Sigma*

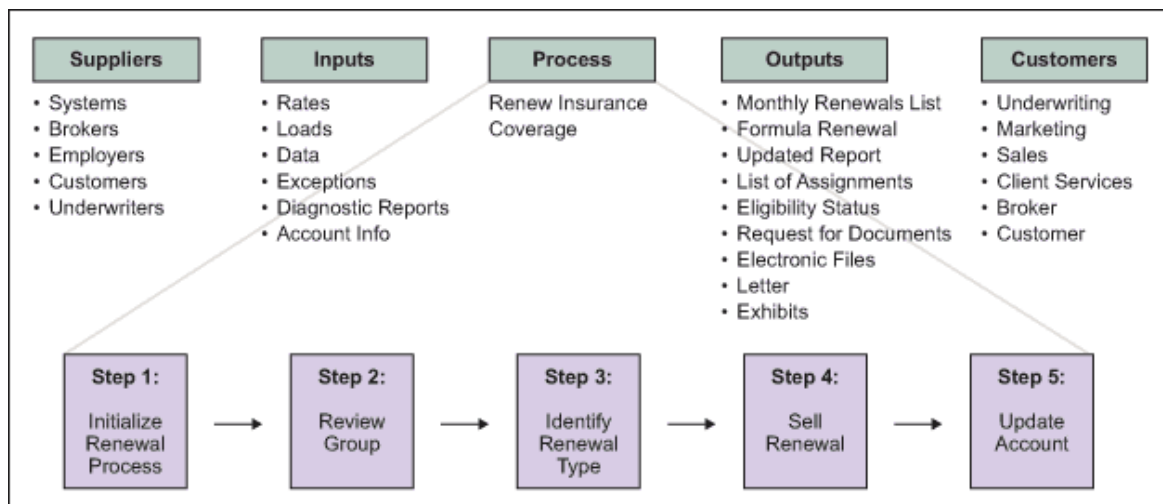
Banyak teknik-teknik dan *tools* yang dapat digunakan dalam pengendalian dan peningkatan kualitas untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi, namun uang akan dipergunakan baik *tools* bersifat manajemen, statistik, logistik, desain maupun *tool* yang bersifat proses. Berikut ini *tools* yang digunakan dalam penelitian antara lain :

2.5.1 SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*)

SIPOC diagram adalah perangkat yang digunakan oleh tim *Six Sigma* untuk mengidentifikasi seluruh elemen yang relevan dalam suatu *process improvement* sebelum proses tersebut dilakukan. Diagram ini membantu dalam menjelaskan suatu proyek yang kompleks dan ruanglingkupnya belum jelas. Selama proses berlangsung, supplier menyediakan input untuk proses.

Proses yang dilakukan ini berusaha untuk meningkatkan *value added* dan menghasilkan *output* yang memenuhi bahkan melampaui ekspektasi dari *customer*/pelanggan. Proses dipetakan menjadi beberapa langkah, kemudian dianalisa mulai dijalankan dari kiri ke kanan, yaitu dari pelanggan (*customer*) ke pemasok (*supplier*).

1. *Suppliers* bisa merupakan individual atau perusahaan dan bisa jadi pihak internal maupun eksternal yang menyediakan input untuk proses.
2. *Inputs* : *Input* yang digunakan dalam proses, diantaranya termasuk material, jasa, informasi, SDM, dan sebagainya yang diproses untuk menghasilkan *output*.
3. *Process* : serangkaian aktivitas yang dapat memberikan nilai bagi input untuk memproduksi output bagi pelanggan.
4. *Outputs* : hasil dari proses untuk pelanggan internal dan eksternal. *Output* ini bisa berupa produk, jasa, informasi hingga laporan dan dokumen.
5. *Customers* : pelanggan adalah pihak yang menerima *output* yang dihasilkan dari proses. Jika seseorang menerima barang dari pihak ketiga, maka mereka (dianggap) bukan *customer*. *Customer* haruslah pihak yang membawa *output* tersebut langsung dari unit bisnis dan tidak harus menggunakan *output* tersebut. Contoh pihak yang bisa menjadi *customer* adalah manajer, CEO, direksi dan divisi lainnya (Putri, 2009).



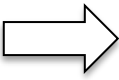
Gambar 2.2 Diagram SIPOC

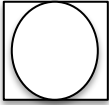
Sumber : Wedgwood, 2006

2.5.2 Diagram Operasi (*Operation Process Chart*)

Diagram operasi adalah alat untuk menggambarkan proses dalam bentuk yang ringkas sehingga mudah untuk dimengerti (Gaspersz, 2002). Diagram operasi menggambarkan langkah-langkah proses pengerjaan material, mulai dari bahan baku (material) hingga menjadi komponen atau produk jadi. Diagram operasi akan memberi gambaran secara grafis dari tiap-tiap kejadian dalam suatu pekerjaan. Simbol-simbol yang digunakan untuk membuat diagram proses antara lain :

Tabel 2.2 Simbol Diagram Operasi

	<i>Operation</i>	Operasi terjadi ketika suatu objek dengan sengaja dirubah menjadi bentuk atau karakteristik lain.
	<i>Transportation</i>	Transportasi terjadi ketika suatu objek dipindahkan dari tempat satu ke tempat lain, tetapi bukan perpindahan yang masih terintegrasi dalam rangkaian kegiatan operasi.
	<i>Inspection</i>	Inspeksi terjadi ketika suatu obyek yang telah selesai dikerjakan lalu 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 objek disimpan dalam pengawasan, misalnya pengawasan jumlah

		pengambilan atau penyimpanan barang yang sudah jadi.
	<i>Combined</i>	Dua simbol dapat dijadikan satu ketika menunjukkan aktifitas yang dikerjakan secara 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.

2.5.3 Diagram Pareto

Diagram Pareto (Pareto *Chart*) adalah diagram yang dikembangkan oleh seorang ahli ekonomi Italia yang bernama Alfredo Pareto (1848-1923). Diagram pareto ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri kekanan menurut rangking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (rangking tertinggi) hingga masalah yang tidak harus segera diselesaikan. (Ariani, 2005) langkah dalam penyusunan diagram pareto adalah :

1. Menentukan metode atau arti dari pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab, jenis ketidaksesuaian dan sebagainya.
2. Menentukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik tersebut.
3. Mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan.
4. Merangkum data dan membuat rangking kategori data tersebut dari yang terbesar hingga yang terendah.
5. Menghitung frekuensi kumulatif atau presentase kumulatif yang digunakan.
6. Menggambar diagram batang.

2.5.4 Critical to Quality Tree (CTQ)

Critical to Quality adalah kunci karakteristik yang dapat diukur dari sebuah produk atau proses yang harus mencapai performansi standar atau batas dari spesifikasinya agar dapat memuaskan keinginan dan kebutuhan dari pelanggan. Biasanya bentuknya hanya terdiri dari turunan masalah atau *breakdown* dari semua masalah sampai tercapai atau teridentifikasi masalah yang sesungguhnya guna memenuhi keinginan pelanggan.



Gambar 2.3 Contoh CTQ Tree

2.5.5 Tingkat Sigma dan Kemampuan Proses

2.5.5.1 Tingkat Sigma

Untuk menentukan DPMO (*Defects per million opportunities*) yang merupakan angka kejadian cacat dalam satu juta kesempatan dan menentukan tingkat sigma diperlukan perhitungan sebagai berikut (Gaspersz, 2002) :

1. Data Atribut

a. Defect (D)

Menentukan banyaknya atau jumlah cacat pada setiap pis (gulungan kain).

b. Unit (U)

Menentukan jumlah produksi.

c. Critiqal to quality (CTQ)

Menentukan karakteristik cacat yang mungkin terjadi.

d. Defects per unit (DPU)

$$DPU = \frac{\text{Banyak unit yang gagal (defect)}}{\text{banyak unit yang diperiksa}}$$

e. *Defect per opportunities* (DPO)

$$DPO = \frac{DPU}{CTQ}$$

f. *Defects per million opportunities* (DPMO)

$$DPMO = DPO \times 1000000$$

g. Nilai Sigma

Berdasarkan tabel konversi DPMO ke nilai sigma atau level sigma. Adapun rumus perhitungan tingkat sigma untuk data atribut yang digunakan dalam program *Microsoft Excel* adalah sebagai berikut (Gaspersz, 2002) :

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

2. Data Variabel

Menentukan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel :

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

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

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

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

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 sebagai berikut :

$$= 1000000 - \text{normsdist}(-1,5 + 2,5) * 1000000$$

2.5.5.2 Kapabilitas Proses

Analisis kemampuan proses merupakan proses untuk membawa suatu proses kedalam keadaan yang terkontrol serta membandingkan kinerja proses jangka panjang dengan persyaratan manajemen yang telah ditentukan.

Kemampuan proses merupakan kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan output sesuai dengan ekspektasi dan keinginan pelanggan dan merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan. Semakin tinggi nilai C_{pm} 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 kegagalan nol (*zero defect oriented*).

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas Six Sigma ditunjukkan melalui peningkatan kemampuan proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*) (Gaspersz, 2002). Oleh karena itu, konsep penghitungan kemampuan proses (C_{pm}) sangat penting dalam implementasi program Six Sigma. Dalam peningkatan kualitas Six Sigma, biasanya aturan sebagai berikut :

1. $C_{pm} \geq 2$, maka proses dianggap mampu memenuhi target spesifikasi kualitas pelanggan dan dianggap kompetitif (perusahaan kelas dunia).
2. C_{pm} antara 1.00 – 1.99, maka proses dianggap cukup mampu. Namun, perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*).
3. $C_{pm} \leq 1$, maka proses dianggap tidak mampu untuk mencapai target kualitas tidak kompetitif untuk bersaing dipasaran global.

Selain pengertian diatas, kemampuan proses juga merupakan suatu ukuran atau gambaran mengenai keseragaman proses. Kemampuan proses biasa dipergunakan apabila diperlukan pengukuran performansi dari suatu proses secara numerik,serta dipergunakan pada proses yang telah dianalisa dengan menggunakan peta kontrol. Indeks kemampuan proses yang sering digunakan dalam *Six Sigma* adalah sebagai berikut :

Indeks Kemampuan Proses C_{pm}

Indeks Kemampuan Proses C_{pm} digunakan untuk mengukur tingkat dimana suatu output proses berada pada nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan. Semakin tinggi nilai C_{pm} menunjukkan bahwa output proses itu semakin mendekati nilai target kualitas (T) yang diinginkan pelanggan. Target tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*). Dengan demikian bahwa indikator keberhasilan program peningkatan kualitas

Six Sigma dapat dilihat dari indeks nilai kemampuan proses (C_{pm}) yang semakin meningkat dari waktu ke waktu.

Adapun rumus perhitungan kemampuan proses adalah sebagai berikut :

1. Untuk 2 batas spesifikasi (BSA dan BSB) :

$$C_{pm} = \frac{(BSA - BSB)}{6 \sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}}$$

2. Untuk 1 batas (BSA/BSB) :

$$C_{pm} = \frac{|BS - T|}{3 \sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}}$$

Keterangan :

BS = Batas Spesifikasi (BSA/BSB)

T = Nilai target yang ditetapkan

BSA = Batas Spesifikasi Atas

BSB = Batas Spesifikasi Bawah

Indeks Performansi Kane (C_{pk})

Indeks performansi kane (C_{pk}) digunakan untuk merefleksikan kedekatan nilai rata dari proses sekarang terhadap salah satu batas, yaitu batas spesifikasi atas (BSA) atau batas spesifikasi bawah (BSB). Adapun untuk mencari nilai C_{pk} sebagai berikut :

$$C_{pk} = \text{minimum} \left[\frac{BSA - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - BSB}{3\sigma} \right]$$

Keterangan :

BSA = Batas Spesifikasi Atas

BSB = Batas Spesifikasi Bawah

$\bar{X}$ adalah nilai rata-rata sampel CTQ dari proses

Indeks Kapabilitas Proses (C_{pmk})

Indeks kemampuan proses C_{pmk} digunakan untuk mengukur tingkat dimana suatu output proses berada dalam batas-batas toleransi (batas spesifikasi atas dan bawah, USL dan LSL yang diinginkan pelanggan). Indeks C_{pmk} dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_{pmk} = \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + \left[\frac{\bar{X} - T}{S} \right]^2}}$$

Kapabilitas proses dapat dianalisis apabila data tersebut telah stabil, sehingga perlu dilakukan uji stabilitas. Untuk mengetahui apakah proses produksi berada dalam

stabilitas, dapat menggunakan peta pengendali dengan cara mendefinisikan batas-batas pengendalian (*control limit*) dengan menggunakan konsep Six Sigma Motorola sebagai berikut :

$$\text{BPA} = \text{Batas Pengendali Atas} = T + 1,5 S_{\max}$$

$$\text{BPB} = \text{Batas Pengendali Bawah} = T - 1,5 S_{\max}$$

Berdasarkan informasi tersebut dapat diketahui nilai batas toleransi maksimum $S_{\max}$, dimana :

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

Keterangan :

$S_{\max}$ = Nilai batas toleransi maksimum

BSA = Batas Spesifikasi Atas

BSB = Batas Spesifikasi Bawah

T = Target

2.5.6 Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* merupakan salah satu tool dalam pengendalian kualitas yang sudah dikenal dapat digunakan sebagai RCA *tool*. Diagram *fishbone* secara harfiah dalam bahasa Indonesia dapat disebut sebagai diagram tulang ikan. Diagram ini dinamakan demikian karena strukturnya yang dapat digambarkan menyerupai struktur tulang ikan, yang terdiri atas beberapa bagian sebagai berikut :

a. Kepala (*Head*)

Bagian kepala ikan menunjukkan permasalahan yang akan diinvestigasi. Bagian kepala ikan diposisikan pada ujung kanan diagram.

b. Tulang Belakang (*Spine*)

Bagian tulang belakang yang panjang membentang dari ujung kiri hingga menyentuh bagian kepala ikan dengan ujung anak panah. Bagian ini menunjukkan beberapa faktor utama dalam komponen tulang yang mungkin menjadi penyebab masalah.

c. Tulang (*Bone*)

Bagian tulang yang besar dan mengarah serta melekat pada bagian tulang belakang merupakan kategori dari berbagai penyebab potensial. Bagian tulang

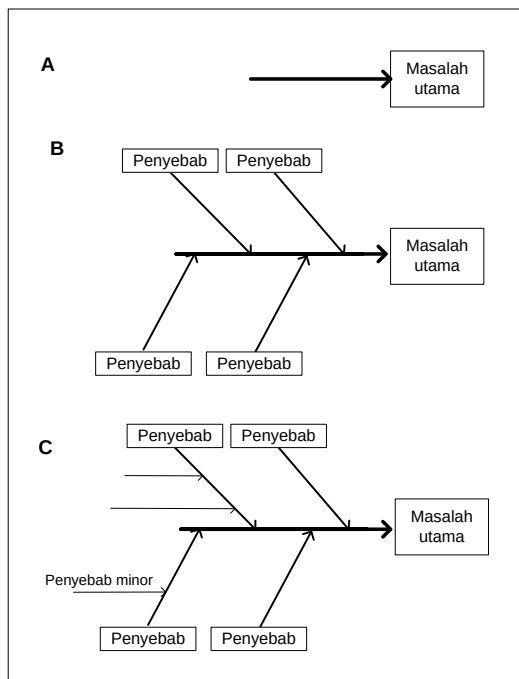
yang lebih kecil merupakan faktor-faktor penyebab masalah terkait kategori tertentu.

Diagram *fishbone* dikenal pula sebagai *cause and effect diagram tool* untuk mengidentifikasi serta mengorganisir berbagai kemungkinan penyebab sebuah masalah dalam format yang terstruktur. Selain itu diagram *fishbone* membagi hal-hal yang menyebabkan terjadinya masalah utama dalam beberapa kategori faktor, yaitu :

1. *Man* (tenaga kerja)
2. *Material* (bahan baku)
3. *Machine* (mesin)
4. *Method* (metode)
5. *Management* (manajemen)
6. *Environtmen* (lingkungan)

Ishikawa (dalam Helmi Andang, 2014) sebagai penemu metode ini, menjelaskan sejumlah langkah yang perlu dilakukan dalam membangun diagram *fishbone* sebagai berikut :

1. Langkah pertama, yaitu menentukan masalah utama yang perlu dikendalikan dan diperbaiki.
2. Langkah kedua, menuliskan masalah pada sisi kanan dan menarik garis panah dari kiri kekanan seperti yang tampak pada bagian A dalam gambar 2.4
3. Langkah ketiga, tuliskan faktor-faktor utama atau kategori faktor seperti yang telah disebutkan, yang diduga menyebabkan munculnya masalah utama. Faktor utama dihubungkan sebagai cabang utama (*major branch*) dengan panah utama seperti pada bagian B dalam gambar 2.4
4. Langkah selanjutnya mendetailkan setiap cabang utama dengan penyebab-penyebab minor yang berhubungan pada kategori faktor tersebut dan digambarkan sebagai ranting pada cabang utama



Gambar 2.4 Diagram *Fishbone*

2.5.7 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Menurut Daimler Chrysler Corporation (2001), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didefinisikan sebagai suatu kumpulan aktivitas sistematis yang bertujuan :

- Untuk mengetahui dan mengevaluasi potensial kegagalan (*potensial failure*) dari produk ataupun proses dan efek yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut.
- Mengidentifikasi tindakan-tindakan (*actions*) yang dapat mengurangi kesempatan terjadinya kegagalan.
- Mendokumentasikan seluruh proses (*Document the Process*).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan atau kegagalan dalam desain kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dapat diterapkan dalam semua bidang, baik manufaktur maupun jasa, juga pada semua jenis produk. Namun,

penggunaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) akan paling efektif apabila diterapkan dalam produk atau proses-proses baru, atau produk dan proses sekarang yang akan mengalami perubahan-perubahan besar dalam desain sehingga dapat mempengaruhi keandalan dari proses itu. Manfaat penggunaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menurut Gaspersz (2002) adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan reputasi dan penjualan produk.
2. Mengurangi kebutuhan untuk perubahan-perubahan rekayasa sehingga menurunkan biaya dan mengurangi waktu siklus pengembangan produk.
3. Mengidentifikasi masalah-masalah potensial sebelum produk itu diproduksi.
4. Membantu menghindari *scrap* dan pekerjaan ulang (*rework*).
5. Mengurangi banyaknya kegagalan produk yang dialami oleh pelanggan sehingga akan meningkatkan kepuasan pelanggan.
6. Menjamin suatu *start-up* produksi yang lebih mulus.

Aspek yang penting dalam FMEA adalah evaluasi dari potensi kegagalan (potensial failure) untuk setiap subsistem. Setiap kegagalan dinilai dari *Risk Priority Number* (RPN). *Risk Priority Number* (RPN) merupakan produk matematis dari kerseriusan *effects* (*Severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects* (*Occurrence*) dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*Detection*). Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka tim *Failure Mode and Effect Analysis* harus mendefinisikan terlebih dahulu tentang *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*.

- a. *Severity* adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. Tingkat keparahan adalah rating yang ditimbulkan oleh mode kegagalan dan dihitung menggunakan tabel rating keparahan. Dampak tersebut dirangking mulai skala 1 sampai 10, dimana rangking 10 merupakan dampak terburuk.

Tabel 2.3 Rangking *Severity*

Ranking	Kriteria
1	<i>Negligible severity</i> (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan atau kegagalan ini.
2	<i>Mild severity</i> (pengaruh buruk yang ringan/sedikit). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan
3	

	merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler (regular maintenance).
4 5 6	<i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja atau penampilan, namun masih berada dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak akan mahal, jika terjadi downtime hanya dalam waktu singkat.
7 8	<i>High severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak dapat diterima, berada diluar batas toleransi. Akibat akan terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. <i>Downtime</i> akan berakibat biaya yang sangat mahal. Penurunan kinerja dalam area yang berkaitan dengan peraturan pemerintah, namun tidak berkaitan dengan keamanan dan keselamatan.
9 10	<i>Potential safety problems</i> (masalah keselamatan/keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya yang dapat terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. Bertentangan dengan hukum.

- b. *Occurrence* adalah kemungkinan atau probabilitas bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan produk kegagalan selama masa penggunaan produk yang memberikan akibat. Berdasarkan data kegagalan atau *defect* yang diperoleh maka dapat dihitung nilai *Failure rates*. Dengan memperkirakan *occurrence* tertentu pada skala 1 sampai 10 yang mengindikasikan makin kecil skala semakin baik.

Tabel 2.4 Rangking *Occurrence*

Rangking	Kriteria Verbal	Tingkat Kegagalan/ Kecacatan
1	Adalah tidak mungkin bahwa penyebab ini yang mengakibatkan metode kegagalan.	1 dalam 1.000.000
2 3	Kegagalan akan jarang terjadi.	1 dalam 20.000 1 dalam 4.000
4 5 6	Kegagalan agak mungkin terjadi.	1 dalam 1.000 1 dalam 400 1 dalam 80
7 8	Kegagalan adalah sangat mungkin terjadi.	1 dalam 40 1 dalam 20
9 10	Hampir dapat dipastikan bahwa kegagalan akan terjadi.	1 dalam 8 1 dalam 2

- c. *Detection* merupakan nilai *detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* menggambarkan metode-metode yang diterapkan untuk mencegah atau mendeteksi penyebab kegagalan. Skala yang digunakan adalah skala 1 sampai 10 yang menggambarkan bahwa semakin kecil nilai semakin baik.

Tabel 2.5 Rangking *Detection*

Rangking	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian/ Penyebab
1	Metode pencegahan atau deteksi sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab mungkin masih muncul atau terjadi.	1 dalam 1.000.000
2	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi adalah rendah. 1 dalam 4000.	1 dalam 20.000
3		1 dalam 4.000
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan atau deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi.	1 dalam 1.000
5		1 dalam 400
6		1 dalam 80
7	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi masih tinggi. Metode pencegahan atau deteksi kurang efektif, karena penyebab masih terulang kembali.	1 dalam 40
8		1 dalam 20
9	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan atau deteksi tidak efektif. Penyebab akan selalu terjadi kembali.	1 dalam 8
10		1 dalam 2

Risk Priority Number (RPN) dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$RPN = S \times O \times D$$

Nilai RPN berkisar dari 1-1000, dengan 1 sebagai kemungkinan resiko desain terkecil. Nilai RPN dapat digunakan sebagai panduan untuk mengetahui masalah yang paling serius, dengan indikasi angka yang paling tinggi memerlukan prioritas penanganan yang serius

Tabel 2.6 Kelas Interval Nilai RPN

Kategori	Kelas Interval Nilai RPN
<i>Very Low</i> (VL)	1-49
<i>Very Low – Low</i> (VL-L)	50-99
<i>Low</i> (L)	100-149

Kategori	Kelas Interval Nilai RPN
<i>Low-Medium (L-M)</i>	150-249
<i>Medium (M)</i>	250-349
<i>Medium-High (M-H)</i>	350-449
<i>High (H)</i>	450-599
<i>High-Very High (H-VH)</i>	600-799
<i>Very High (VH)</i>	800-1000

Sumber : Puente (2002)

2.5.8 Control Chart

Pembuatan peta kontrol bertujuan untuk menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang disebabkan oleh penyebab khusus (*special-causes variation*) dan variasi yang disebabkan oleh penyebab umum (*common-causes variation*). Terdapat berbagai macam peta kontrol. Pemilihan peta kontrol didasarkan pada tipe data yang ada. Dalam konteks pengendalian proses statistik terdapat jenis data, yaitu :

1. Data variabel (*variables data*) adalah data kuantitatif yang diukur untuk keperluan analisis.
2. Data atribut (*atributes data*) merupakan data kualitatif yang dapat dihitung untuk pencatatan dan analisis.

2.5.8.1 Peta Kendali untuk Data Atribut

Peta kontrol untuk atribut biasanya didasarkan pada klasifikasi apakah suatu produk itu cacat atau tidak cacat. Klasifikasi ini dapat bersumber dari data proporsi jumlah produk cacat terhadap ukuran sampel (peta P) atau dari jumlah cacat yang ada pada satu unit produk didalam sampel (peta C). Jadi, peta kontrol untuk atribut ada dua yaitu peta P dan peta C (Hari Purnomo, 2004).

1. Peta Kendali p

Pengendalian proporsi kesalahan (*p-chart*) digunakan untuk mengetahui apakah cacat produk yang dihasilkan masih dalam batas yang diisyaratkan. Pengendali proporsi kesalahan digunakan bila banyaknya produk yang diambil setiap

melakukan observasi berubah-ubah jumlahnya. Formulasi yang digunakan untuk menyelesaikan kasus pengendalian kualitas proses statistik untuk data atribut :

- a. Mengetahui proporsi kesalahan

$$p = \frac{x}{n}$$

Dimana P : proporsi kesalahan dalam setiap pengamatan

x : banyaknya produk yang salah dalam setiap pengamatan

n : banyaknya produk yang diambil dalam pengamatan

- b. Garis pusat (*centre line*) peta pengendali proporsi kesalahan

$$GP\ p = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

Dimana x : banyaknya produk yang salah dalam setiap pengamatan

n : banyaknya produk yang diambil dalam pengamatan

- c. Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Dimana $\bar{p}$: Garis pusat pengendali proporsi kesalahan

n : banyaknya produk yang diambil dalam pengamatan

- d. Batas Pengendali Atas (BPA) dan Batas Pengendali Bawah (BPB)

$$BPA\ p = \bar{p} + 3\sigma$$

$$BPB\ p = \bar{p} - 3\sigma$$

2. Peta Kendali c

Peta kendali untuk ketidaksesuaian, pada umumnya disebut peta c, mempunyai bidang kegunaan yang jauh lebih terbatas. Setiap kejadian dari kurangnya kesesuaian barang terhadap spesifikasi adalah ketidaksesuaian.

Peta kendali c didasarkan pada distribusi poisson yang mengambil bentuk :

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}; x = 0, 1, 2, \dots, n$$

Dengan parameter $\lambda > 0$. Mean dan variansi distribusi *poisson* adalah :

$$\mu = \lambda$$

$$\sigma^2 = \lambda$$

Yakni *mean* dan variansi distribusi *poisson* keduanya sama dengan parameter λ .

Dimana x adalah jumlah titik spesifikasi yang cacat. Nilai mean dan variansi dari

distribusi poisson adalah c dengan demikian dapat ditentukan batas-batas pengendalian untuk peta kendali c dengan batas 3 sigma sebagai berikut.

- a. Apabila nilai standar diberikan

$$CL = c$$

$$UCL = c + 3\sqrt{c}$$

$$LCL = c - 3\sqrt{c}$$

Dengan anggapan nilai standar untuk c tersedia.

- b. Apabila nilai standar tidak diberikan maka c dapat ditaksir dengan banyak ketidaksesuaian rata-rata yang diamati dalam sample pendahuluan unit pemeriksaan, misalnya $\bar{c}$. Dalam hal ini peta kendali mempunyai parameter sebagai berikut :

$$CL = \bar{c}$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

2.5.8.2 Peta Kendali untuk Data Variabel

Menurut peta kendali variabel digunakan untuk memonitor karakteristik kualitas lama proses transformasi berlangsung dan mendeteksi apakah proses itu sendiri mengalami perubahan sehingga mempengaruhi kualitas. Jika pemeriksaan sampel ditemukan berada diluar batas kontrol atas dan batas kontrol bawah, maka proses transformasi harus diperiksa untuk dicari penyebabnya. Alasan digunakan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah adalah diasumsikan tidak ada produk yang dapat diproduksi persis sama, oleh karena itu variasi dalam suatu proses mungkin akan terjadi. Masalah yang harus diselesaikan dengan peta kendali adalah variasi yang diamati berada pada kondisi normal atau tidak normal.

Peta kendali variabel terbagi atas dua bagian yaitu : peta kendali rata-rata dan peta kendali rentangan atau range. Peta kendali rata-rata adalah peta yang digunakan untuk mengukur gejala memusat dari suatu proses, sedangkan peta kendali rentangan digunakan untuk mengukur penyebarannya atau menunjukkan setiap pengubahan dispersi proses. Untuk rata-rata variabel disebut juga *X-Chart* atau *average Chart* dan penyebaran atau rentangan variabel disebut juga *R-Chart*. Keduanya biasanya dianalisa secara bersamaan untuk memeriksa ketidaknormalan dalam proses.

Langkah- langkah pembuatan grafik pengendali X-bar dan R adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan karakteristik proses yang akan diukur.
- b. Melakukan dan mencatat hasil pengukuran.
- c. Menghitung nilai X dan R.
- d. Menentukan batas pengendali.
 - Persamaan untuk grafik R

$$\text{Garis tengah} = \bar{R} = \frac{\sum R}{n}$$

$$\text{Batas Kontrol Atas (BKA)} = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Batas Kotrol Bawah (BKB)} = D_3 \bar{R}$$
 - Persamaan untuk grafik X

$$\text{Garis tengah} = \bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\text{Batas Kontrol Atas (BKA)} = \bar{X} + 3\sigma_x = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah (BKB)} = \bar{X} - 3\sigma_x = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

2.5.9 5W + 2 H

Pada tahapan ini dilakukan penetapan pengembangan rencana tindakan untuk melakukan perbaikan terhadap faktor-faktor utama penyebab variasi dan akar penyebab masalah dengan menggunakan metode 5W+2H serta implementasi tindakan. Metode 5W+2H adalah *what* (apa), *why* (mengapa), *where* (dimana), *when* (kapan), *who* (siapa), *how* (bagaimana) dan *how much* (berapa). Pengembangan rencana tindakan perbaikan atau peningkatan kualitas dapat menggunakan metode ini.

1. *What?* (apa)?
Apa yang menjadi target utama dari perbaikan atau peningktan kualitas?
2. *Why?* (mengapa)?
Mengapa rencana tindakan itu diperlukan?
3. *Where?* (dimana)?
Dimana rencana tindakan itu akan dilaksanakan?
4. *When?* (kapan)?
Kapan aktivitas rencana tindakan itu sebaiknya dilaksanakan?
5. *Who?* (siapa)?
Siapa yang akan mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu?

6. *How?* (bagaimana)?

Bagaimana mengerjakan aktivitas rencana tindakan aktivitas itu?

7. *How Much?* (berapa)?

Berapa biaya yang diperlukan untuk melaksanakan aktivitas tindakan itu?

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Primissima, Yogyakarta. Objek penelitian ini mengambil pada proses produksi di PT. Primissima mengenai kualitas cacat pada kain.

3.2 Identifikasi Masalah

Untuk mengidentifikasi dan perumusan masalah merupakan perumusan pada BAB I yang telah dijabarkan dan dijelaskan didepan. Hal-hal yang melatar belakangi penelitian dan yang menjadi masalah penelitian.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara :

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

Observasi merupakan metode yang dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung ke objek penelitian untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan secara aktual.

b. Wawancara

Merupakan pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab langsung pada pihak yang bersangkutan tentang masalah terkait dengan penelitian.

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, jurnal, internet, dan literatur lain yang relevan dengan permasalahan yang diteliti.

3.4 Pengolahan Data

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan mengamati objek secara langsung dan dapat mengetahui apakah produk yang dihasilkan telah memenuhi standar yang telah ditetapkan perusahaan. Pengolahan data dan analisis dilakukan dengan pengkajian dan penerapan siklus DMAIC sebagai berikut :

3.4.1 Tahap *Define*

Define yaitu mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan pelanggan dan strategi perusahaan. Penerapan metode ini menggunakan diagram SIPOC dan diagram OPC.

3.4.2 Tahap *Measure*

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data evaluasi yang diperoleh dari hasil pencatatan di PT. Primiissima pada proses produksi selama kurun waktu bulan Agustus 2014. Data yang telah terkumpul, maka langkah-langkah pengolahan data pada tahap ini adalah

1. Menentukan Critiqal to Quality (CTQ) menggunakan diagram pareto.
2. Uji Stabilitas

a. Data Atribut

Menggunakan Peta Kendali P

Pengendalian proporsi kesalahan (*p-chart*) digunakan untuk mengetahui apakah cacat produk yang dihasilkan masih dalam batas yang diisyaratkan. Pengendali proporsi kesalahan digunakan bila banyaknya produk yang diambil setiap melakukan observasi berubah-ubah jumlahnya. Formulasi yang digunakan untuk menyelesaikan kasus pengendalian kualitas proses statistik untuk data atribut (Ariani, 2005) :

- a. Mengetahui proporsi kesalahan

$$P = \frac{x}{n}$$

Dimana P : proporsi kesalahan dalam setiap pengamatan

x : banyaknya produk yang salah dalam setiap pengamatan

n : banyaknya produk yang diambil dalam pengamatan

- b. Garis pusat (centre line) peta pengendali proporsi kesalahan

$$GP \text{ p} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

Dimana x : banyaknya produk yang salah dalam setiap pengamatan

n : banyaknya produk yang diambil dalam pengamatan

- c. Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Dimana $\bar{p}$: Garis pusat pengendali proporsi kesalahan

n : banyaknya produk yang diambil dalam pengamatan

- d. Batas Pengendali Atas (BPA) dan Batas Pengendali Bawah (BPB)

$$BPA \text{ p} = \bar{p} + 3\sigma$$

$$BPB \text{ p} = \bar{p} - 3\sigma$$

b. Data Variabel

Menggunakan Peta Kendali X-bar dan R

- Persamaan untuk grafik R

$$\text{Garis tengah} = \bar{\bar{R}} = \frac{\sum \bar{R}}{n}$$

$$\text{Batas Kontrol Atas (BKA)} = D_4 \bar{\bar{R}}$$

$$\text{Batas Kotrol Bawah (BKB)} = D_3 \bar{\bar{R}}$$

- Persamaan untuk grafik X

$$\text{Garis tengah} = \bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{n}$$

$$\text{Batas Kontrol Atas (BKA)} = \bar{X} + 3\sigma_x = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah (BKB)} = \bar{X} - 3\sigma_x = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

3. Menentukan Baseline Kinerja (DPMO dan Tingkat Sigma)

- Menentukan Baseline Kinerja (DPMO dan Tingkat Sigma) dilakukan untuk Data Atribut

Adapun perhitungan yang dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut :

a. *Defect (D)*

Menentukan banyaknya atau jumlah cacat pada setiap pis (gulungan kain).

b. *Unit (U)*

Menentukan jumlah produksi.

c. *Critical to quality (CTQ)*

Menentukan karakteristik cacat yang mungkin terjadi.

d. *Defects per unit (DPU)*

$$DPU = \frac{\text{Banyak unit yang gagal (defect)}}{\text{banyak unit yang diperiksa}}$$

e. *Defect per opportunities (DPO)*

$$DPO = \frac{DPU}{CTQ}$$

f. *Defects per million opportunities (DPMO)*

$$DPMO = DPO \times 1000000$$

g. *Nilai Sigma*

Berdasarkan tabel konversi DPMO ke nilai sigma atau level sigma.

- Menentukan Baseline Kinerja (DPMO dan Tingkat Sigma) dilakukan untuk Data Variabel

a. *Bagian tak sesuai (σ) = P (z > BPA) + P (z < BPB)* dengan bantuan tabel Distribusi Normal

b. $DPMO = \sigma \times 1.000.000$

c. Konversi nilai DPMO ke dalam nilai Sigma berdasarkan konsep Motorola.

4. Analisis Stabilitas dan Kapabilitas Proses

Target dari program Six Sigma adalah membawa proses industri untuk beroperasi pada kondisi yang memiliki stabilitas dan kapabilitas, sehingga mencapai tingkat kegagalan nol.

Untuk menentukan apakah suatu proses berada dalam kondisi stabil dan mampu, maka dibutuhkan alat-alat atau metode statistika sebagai alat analisis seperti berikut :

a. Analisis kapabilitas untuk data atribut

Khusus untuk data atribut, analisis kapabilitas proses dilakukan dengan menggunakan hasil analisis DPMO dan tingkat sigma sebagai ukuran kapabilitas proses yang sesungguhnya, sekaligus merupakan baseline kinerja untuk peningkatan selanjutnya.

b. Analisis Kapabilitas untuk data variabel

- Batas-batas pengendalian proses yang memiliki 2 batas spesifikasi pada tingkat sigma tertentu berdasar konsep Six Sigma Motorola (Gaspersz, 2002) :

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

$$BPA = T + 1,5 S_{\max}$$

$$BPB = T - 1,5 S_{\max}$$

- Analisis kapabilitas proses yang memiliki 2 batas spesifikasi (Gaspersz, 2002) :

$$C_{pm} = \frac{(BSA - BSB)}{6 \sqrt{(Xbar - T)^2 + S^2}}$$

Jika $C_{pm} \geq 2,00$ berarti proses sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati nol (*zero defect*).

Jika C_{pm} antara 1,00 – 1,99 berarti proses berada antara tidak sampai cukup mampu, sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan nol; (*Zero Defect*).

Jika $C_{pm} \leq 1,00$ maka status proses industri dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect*).

$$C_{pk} = \text{minimum} \left[\frac{BSA - Xbar}{3\sigma}, \frac{Xbar - BSB}{3\sigma} \right]$$

$$C_{pmk} = \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + \left[\frac{Xbar - T}{S} \right]^2}}$$

Jika $C_{pm} \geq 2,00$, maka proses dianggap mampu memenuhi target spesifikasi kualitas pelanggan dan dianggap kompetitif (perusahaan kelas dunia).

Jika C_{pm} antara 1.00 – 1.99, maka proses dianggap cukup mampu. Namun, perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju target perusahaan berkelas dunia yang memiliki tingkat kegagalan sangat kecil mendekati nol. Dalam hal ini, proses harus disesuaikan terus menerus agar mendekat ke nilai spesifikasi target kualitas (T). Perusahaan-perusahaan yang memiliki nilai C_{pmk} golongan ini memiliki kesempatan terbaik dalam melakukan program peningkatan kualitas Six Sigma. Jika $C_{pm} \leq 1,00$, maka proses dianggap tidak mampu untuk mencapai target kualitas tidak kompetitif untuk bersaing dipasaran global.

3.4.3 Analyze

Merupakan penilaian terhadap berbagai keadaan yang dilakukan berdasarkan prinsip, pendekatan dan metoda secara teknis analisis yang dapat dipertanggungjawabkan baik secara ilmiah maupun secara praktis. Didalam keseluruhan pekerjaan analisis terdapat dua jenis penilaian yaitu :

- Analisis penyebab munculnya permasalahan dengan menggunakan diagram sebab-akibat.
- Evaluasi potensi kegagalan di PT. Primmisima dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan membuat rangking Keparahan (*Severity-S*) dengan tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 Rangking *Severity*

Ranking	Kriteria
1	<i>Negligible severity</i> (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan atau kegagalan ini.
2 3	<i>Mild severity</i> (pengaruh buruk yang ringan/sedikit). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler (regular maintenance).
4	<i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna

5 6	akhir akan merasakan penurunan kinerja atau penampilan, namun masih berada dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak akan mahal, jika terjadi downtime hanya dalam waktu singkat.
7 8	<i>High severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak dapat diterima, berada diluar batas toleransi. Akibat akan terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. <i>Downtime</i> akan berakibat biaya yang sangat mahal. Penurunan kinerja dalam area yang berkaitan dengan peraturan pemerintah, namun tidak berkaitan dengan keamanan dan keselamatan.
9 10	<i>Potential safety problems</i> (masalah keselamatan/keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya yang dapat terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. Bertentangan dengan hukum.

Memberikan rangking peluang kegagalan muncul (*Occurence-O*) dengan tabel dibawah ini :

Tabel 3.2 Rangking *Occurence*

Rangking	Kriteria Verbal	Tingkat Kegagalan/ Kecacatan
1	Adalah tidak mungkin bahwa penyebab ini yang mengakibatkan metode kegagalan.	1 dalam 1.000.000
2 3	Kegagalan akan jarang terjadi.	1 dalam 20.000 1 dalam 4.000
4 5 6	Kegagalan agak mungkin terjadi.	1 dalam 1.000 1 dalam 400 1 dalam 80
7 8	Kegagalan adalah sangat mungkin terjadi.	1 dalam 40 1 dalam 20
9 10	Hampir dapat dipastikan bahwa kegagalan akan terjadi.	1 dalam 8 1 dalam 2

Serta memberikan rangking pada peluang kegagalan terdeteksi (*detection-D*) dengan tabel dibawah ini :

Tabel 3.3 Rangking *Detection*

Rangking	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian/ Penyebab
1	Metode pencegahan atau deteksi sangat	1 dalam 1.000.000

	efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab mungkin masih muncul atau terjadi.	
2 3	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi adalah rendah. 1 dalam 4000.	1 dalam 20.000 1 dalam 4.000
4 5 6	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan atau deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi.	1 dalam 1.000 1 dalam 400 1 dalam 80
7 8	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi masih tinggi. Metode pencegahan atau deteksi kurang efektif, karena penyebab masih terulang kembali.	1 dalam 40 1 dalam 20
9 10	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan atau deteksi tidak efektif. Penyebab akan selalu terjadi kembali.	1 dalam 8 1 dalam 2

Kemudian dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan cara :

$$RPN = S \times O \times D$$

Berikut ini ditunjukkan salah satu bentuk metode penggolongan (pengklasifikasian) menurut besarnya nilai RPN :

Tabel 3.4 Kelas Interval Nilai RPN

Kategori	Kelas Interval Nilai RPN
<i>Very Low</i> (VL)	1-49
<i>Very Low – Low</i> (VL-L)	50-99
<i>Low</i> (L)	100-149
<i>Low-Medium</i> (L-M)	150-249
<i>Medium</i> (M)	250-349
<i>Medium-High</i> (M-H)	350-449
<i>High</i> (H)	450-599
<i>High-Very High</i> (H-VH)	600-799
<i>Very High</i> (VH)	800-1000

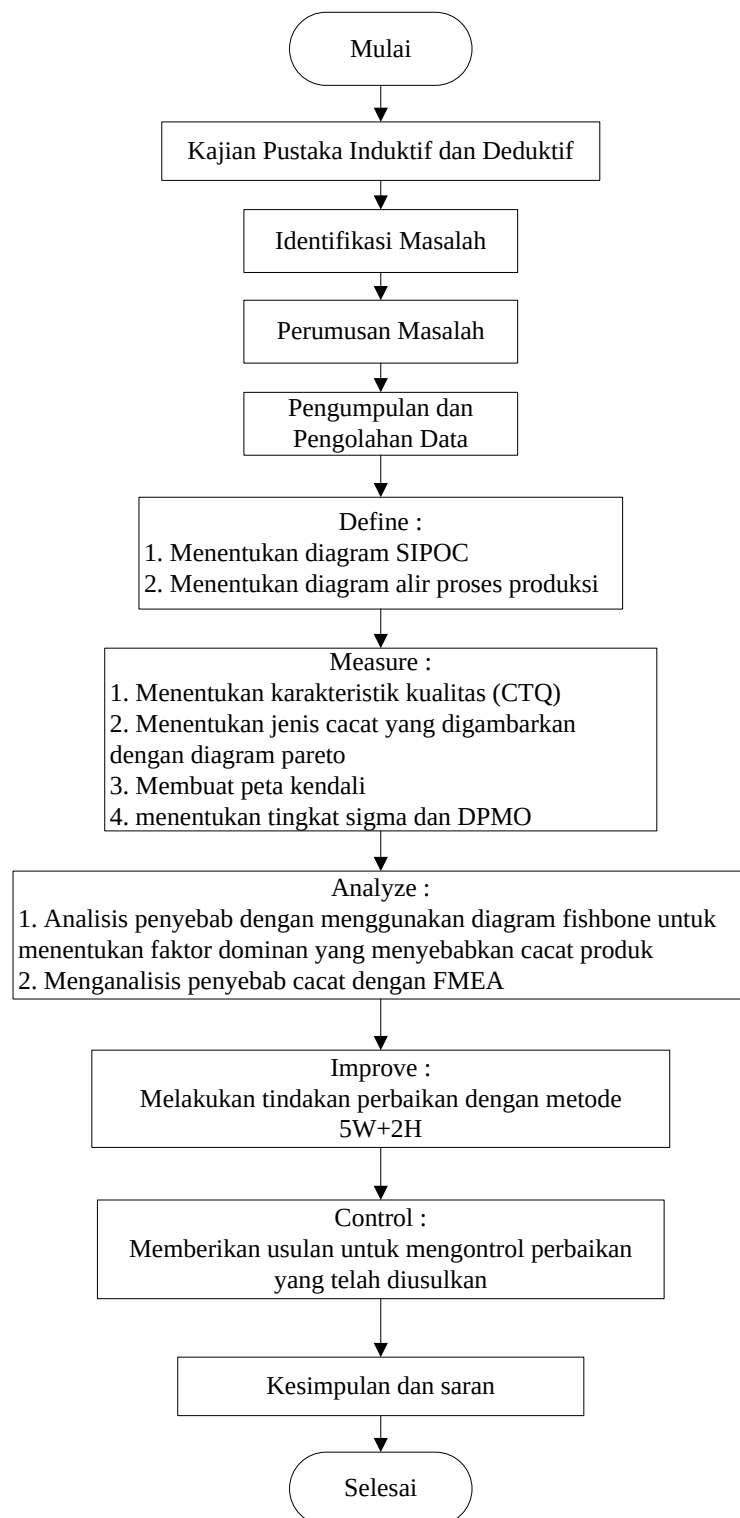
3.4.4 *Improvement*

Pada tahap ini, peneliti menggunakan alat analisis untuk mengeliminasi cacat juga mengoptimalkan kecepatan dan kualitas proses. Peningkatan dapat dilakukan menggunakan prinsip 5 W + 2 H (*what, Why, Where, When, Who, How* dan *How much*). Tujuan utama dari tahap ini adalah membuat ide-ide perbaikan terhadap faktor-faktor yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya.

3.4.5 *Control*

Merupakan tahap peningkatan kualitas dengan memastikan level baru kinerja dalam kondisi standar dan terjaga nilai-nilai peningkatannya yang kemudian didokumentasikan dan disebarluaskan yang berguna sebagai langkah perbaikan untuk kinerja proses berikutnya.

3.5 Flow Chart Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT Primissima adalah badan usaha milik negara (BUMN) yang bergerak dalam industri tekstil. Berikut profil singkat PT. Primissima :

Nama	: PT. Primissima
Alamat	: Jl. Raya Magelang KM 15 Sleman, Yogyakarta, 55515 Telp. (0274) 868408 fax. (0274) 868417
Badan Hukum	: Akte Notaris R. Soerojo Wongso Wijoyo, S.H. No. 31 tahun 1971 tanggal 22 Juni 1971
Bidang usaha	: Industri Tekstil (skala besar)

Sejak pertama kali didirikan, perusahaan ini telah mengalami beberapa kali perluasan kapasitas produksi. Perluasan pertama kali dilakukan pada awal bulan Maret 1974 dan selesai serta mulai memproduksi setelah diresmikan oleh Presiden Soeharto pada 7 Agustus 1976. Perluasan pertama tersebut meningkatkan kapasitas produksi hingga 10 juta yards pada tahun 1979 dengan jumlah karyawan mencapai 560 orang. Kemudian perluasan kedua dilakukan pada bulan Juni 1981 dengan *trial run* dimulai pada Januari 1984. Sejak perluasan kedua yang diresmikan oleh Ir. Hartarto, Menteri Perindustrian RI pada 29 Maret 1984, produksi mampu mencapai 20 juta yards pertahun dengan jumlah karyawan 1050 orang.

4.1.2 Produk dan Bisnis PT. Primissima

Produk yang dihasilkan oleh PT. Primissima secara umum terbagi menjadi dua kategori, yaitu benang dan kain. Kapasitas produksi benang PT. Primissima produk sebesar $\pm 2.700.000$ kg pertahun. Sementara itu kapasitas produksi kain PT. Primissima mencapai $\pm 19.000.000$ Yards pertahun. Tabel 4.1 berikut menunjukkan jenis benang dan kain yang diproduksi PT. Primissima.

Tabel 4.1 Produk Benang dan Kain PT. Primissima

Produk			
Benang		Kain	
Jenis	Grade	Jenis	Grade
40 CD	A	PS. 217	A12
60 CM	B	PS. 219	B
50 CM	C	PS. 318	C1
	D	PS. 409	C2
		PS. 420	
		PS. 421	
		PS 430	

Berdasarkan Tabel 4.1 PT. Primissima memproduksi tiga jenis benang dan setiap jenisnya memiliki empat jenis kualitas dari *grade* A sebagai kualitas terbaik hingga D sebagai kualitas terendah. Jenis benang dinamakan dengan kode angka dan huruf. Kode angka 20, 50 dan 60 merupakan nomor benang atau disebut *Number England* (NE) yang menyatakan kekuatan benang, dimana kode 40 merupakan yang terkuat dan kode 60 merupakan yang terlemah. Kemudian kode huruf CD dan CM membedakan proses produksi benang, dimana kode CD menyatakan bahwa benang dibuat tanpa melalui proses *Combing*. Sementara itu kode CM menyatakan bahwa benang dibuat dengan proses *Combing*. Sementara itu untuk produk kain diproduksi sebanyak tujuh jenis dan setiap jenisnya memiliki empat jenis kualitas dari *grade* A12 sebagai kualitas terbaik hingga grade C2 sebagai kualitas terendah.

PT. Primissima melakukan kegiatan bisnisnya berdasarkan sistem *make to order* dengan 2 sistem jual beli, yaitu Imbal beli (IB) dan Jual Murni (JM). Pada sistem Imbal Beli, PT. Primissima melakukan produksi kain dengan menggunakan material yang berasal dari pelanggan. Sementara itu pada sistem Jual Murni, PT. Primissima

melakukan produksi kain dengan material yang diadakan secara langsung oleh perusahaan . Material yang dimaksud dalam hal ini adalah berupa kapas maupun benang.

4.1.3 Tinjauan Produksi

4.1.3.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah kapas yang dikirim dari berbagai negara dengan kualitas yang berbeda-beda. Kapas didatangkan dari negara Australia, Pakistan, India, Brazil.

4.1.3.2 Mesin

Mesin yang digunakan ada dua jenis, yaitu mesin *Air Jet Loom* dan mesin *Shuttle Loom*. Terdapat ratusan mesin yang digunakan dalam proses pembuatan kain.

4.1.3.3 Hasil Produksi

Kain yang dihasilkan di PT Primissima ada 2 jenis yaitu *grey* dan *cambrics*. Kain yang diproduksi memiliki 2 mesin yang memproduksi jenis kain dengan konstruksi yang berbeda. Terdapat mesin *Shuttle Loom* dan mesin *Air Jet Loom* (AJL). Kain yang diproduksi dengan mesin *Shuttle loom* dengan konstruksi :

- a. PS217 : 40 CD x 40 CD
- b. PS219 : 40 CD x 40 CD
- c. PS409 : 60 cm x 60 cm
- d. PS420 : 50 cm x 50 cm
- e. PS430 : 50 cm x 50 cm
- f. PS421 : 50 cm x 50 cm

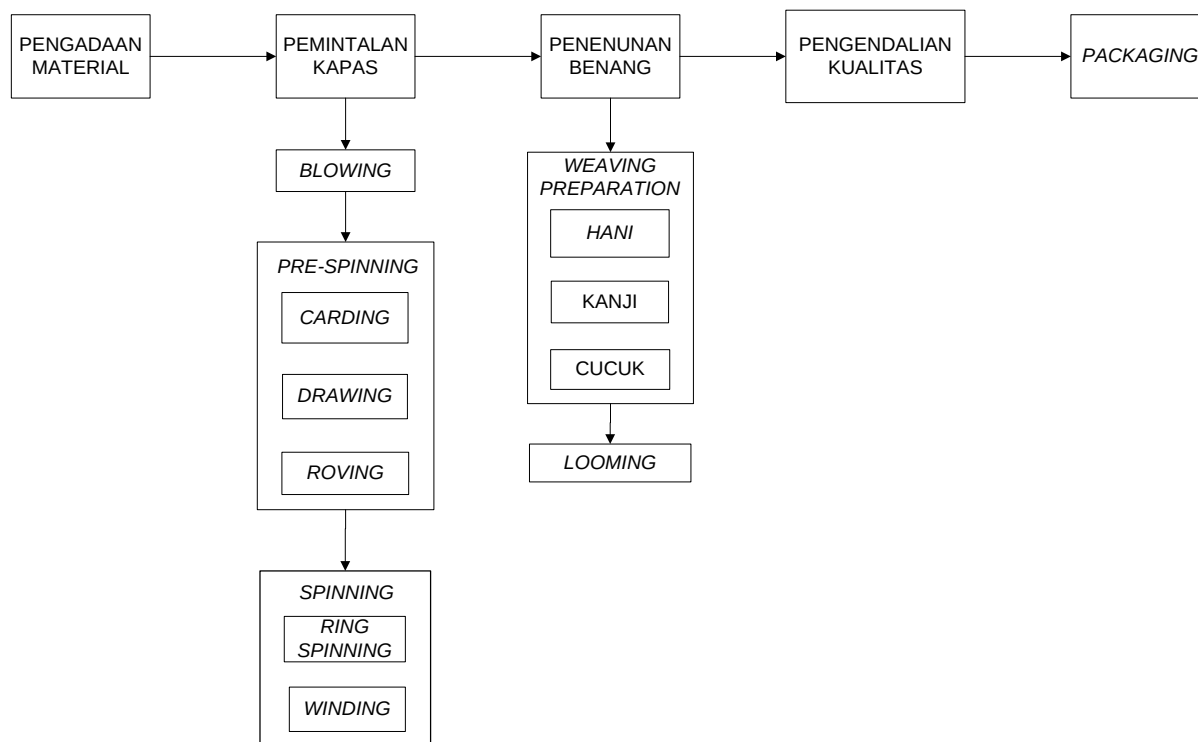
Kain yang diproduksi dengan mesin *Air Jet Loom* (AJL) dengan konstruksi :

- a. PS225 : 40 CD x 40 CD
- b. PS290 : 40 CD x 40 CD
- c. PS181 : 21 DE x 21 DE

- d. PS268 : 40 CD x 40 CD
- e. PS280 : 40 CD x 40 CD
- f. PS232 : 40 CD x 40 CD
- g. PS219 : 40 CD x 40 CD
- h. PS291 : 40 CD x 40 CD
- i. PS262 : 40 CD x 40 CD
- j. PS225 : 40 CD x 40 CD
- k. PS177 : 32 CD x 32 CD
- l. PS156 : 40 CD x 40 CD
- m. PS920 : 60 R x 60 R
- n. PS159 : 20 x 20
- o. PS284 : 30 CD x 30 CD
- p. PS292 : 40 CD x 40 CD
- q. PS293 : 20 OE x 20 OE

4.1.4 Proses Produksi PT. Primissima

PT. Primissima memproduksi benang dan kain. Proses produksi kedua produk ini dilakukan melalui proses *spining* (pemintalan) dan proses *weaving* (tenun). Proses *spining* yang dilakukan pada Departemen *Spinning* digunakan untuk memintal kapas menjadi benang. Sementara itu proses *weaving* yang dilakukan oleh Departemen *Weaving* digunakan untuk menenun benang menjadi kain. Gambar 4.1 menjelaskan tahapan produksi PT. Primissima dari pengolahan kapas menjadi benang hingga kemudian menjadi kain.



Gambar 4.1 Proses Produksi PT. Primissima

Sumber : PT. Primissima

Berikut penjelasan tahapan produksi benang dan kain di PT. Primissima, berdasarkan gambar 4.1 :

1. Pengadaan Material

Material yang digunakan oleh PT. Primissima ada dua jenis, yaitu kapas dan benang. Material kapas dipesan dari produsen kapas yang berasal dari Amerika Serikat, Australia, Brazil, Cina, India dan Afrika. Oleh karena itu, untuk mengatasi resiko keterlambatan kedatangan kapas, perusahaan memiliki *safety stock* tertentu pada setiap periode pengadaan material. Namun jika terjadi kekosongan stok kapas, PT. Primissima membeli kapas dari perusahaan tekstil lokal. Sementara itu material benang sebagian menggunakan produk benang dari perusahaan lain. Hal ini ditujukan untuk menghasilkan produk kain sesuai dengan kualitas yang diharapkan pelanggan. Sementara itu material pendukung lainnya seperti bahan cairan kanji dan *sparepart* mesin dibeli dari berbagai *supplier* lokal di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya.

2. Pemintalan Kapas di Departemen *Spinning*

a. Proses *Blowing*

Pada proses ini dilakukan pembongkaran bale atau kapas *press* (dalam kemasan) untuk dikembalikan ke bentuk semula, serta membersihkan dari kotoran-kotorannya. Beberapa mesin yang digunakan dalam proses ini antara lain :

1. Mesin *Bale Opener*, yaitu mesin yang dipakai untuk membuka dan membersihkan kapas pada tingkat pertama. Pada mesin ini, kotoran yang besar akan jatuh dan yang halus akan terhisap *fan*, sementara itu kotoran yang berwujud metal akan dihisap oleh magnet.
2. Mesin *Waste Opener*, yaitu mesin dengan fungsi yang sama dengan *Bale Opener*, namun muatannya berupa sisa kapas dari mesin *Carding*, *Drawing* dan sisa kapas yang masih dipakai lagi. Sisa kapas tersebut terbentuk gulungan kapas (*sliver lap*) yang memiliki panjang serat kapas yang masih memenuhi syarat untuk kembali diproses.
3. Mesin *MoNocylinder Cleaner*, yaitu mesin yang berfungsi membersihkan kotoran yang masih tertinggal. Mesin ini beroperasi dengan gerakan motor yang memutar silinder berpaku.
4. Mesin *Automixer*, yaitu mesin penghancur kapas agar kualitas benang dapat lebih merata. Pada mesin ini dilakukan pembagian kapas dalam 40 sampai 60 lapisan seiring berjalannya *distribution conveyor* secara bolak-balik
5. Mesin *ERM Cleaner*, yaitu mesin yang dipakai untuk membersihkan kapas dari kotoran dan memisahkannya sebelum diproses dengan mesin *Carding*. Serat pendek dihisap dengan *fan*, sementara itu serat panjang diteruskan ke mesin berikutnya.

b. Proses *Pre-Spinning*

1) Proses *Carding*

Proses ini berfungsi untuk memisahkan dan membersihkan serat, serta membentuknya menjadi gulungan kapas yang rapi (*sliver*). Kapas yang diproses disini telah memiliki Nomor benang (NE). Beberapa mesin yang digunakan pada proses ini ialah :

- Mesin *Flock Feeder*, yaitu mesin yang dipakai pada bagian terakhir dari proses *blowing* dengan fungsi untuk membersihkan kapas dengan silinder yang berpaku.
- Mesin *Carding*, yaitu mesin pengurai kapas dengan fungsi untuk membersihkan kapas yang terakhir dan memisahkan serat-serat yang pendek, mengurai berkas kapas kedalam bentuk-bentuk serat-serat individu tanpa merusakkan berkas tersebut, melakukan distribusi serat-serat individu kepada bentuk-bentuk jaringan serat-serat panjang dan membentuk serat menjadi *draftablesliver* (sumbu panjang)

2) Proses *Drawing*

Proses ini akan menyejajarkan dan meratakan serat, karena serat yang dihasilkan mesin *Combing* sudah tidak rata. Pada proses ini dilakukan peregangan kapas agar terjadi penutupan serat-serat kapas. Hal ini ditujukan untuk menghasilkan kapas dengan kualitas yang baik. Selain itu jugaterjadi puntiran semu sehingga kapas memiliki puntiran. Namun puntiran ini masih dapat diurai kembali. Proses *drawing* ini dilakukan dengan menggunakan 2 *passage*, dimana pada *passage* ke-1 proses menggunakan NE sebesar 0,130 dan *passage* ke-2 proses menggunakan NE sebesar 0,133.

3) Proses *Roving*

Proses ini berfungsi mengubah *sliver* menjadi *roving*, dimana setiap 1 meter *sliver* akan menghasilkan 11,25 meter *roving*. Proses pembentukan dilakukan dengan mengaitkan *sliver* pada mesin *flyer*. Kemudian *sliver* dililitkan pada wadah (*bobin*) sehingga menjadi *roving*. Proses ini juga meningkatkan NE *roving* menjadi 1,12.

c. Proses *Spinning*

1) Proses *Ring-Spinning*

Proses ini berfungsi untuk mengecilkan bahan. Hal ini diperlukan agar *roving* dapat diubah bentuknya menjadi benang melalui mesin *spinning*. Benang dipuntir secara permanen untuk memperkecil diameternya sehingga NE benang semakin membesar sehingga mencapai angka 40, 50 dan 60. Dengan demikian benang yang dihasilkan sudah tidak dapat terurai menjadi serat kapas kembali. Proses ini membutuhkan waktu hingga 6 jam.

2) Proses *Winding*

Proses ini berfungsi untuk mengubah gulungan yang berasal dari *bobin* pada *ring-spinning* menjadi bentuk *cone*. Proses ini akan menyeleksi benang yang tipis dan yang besar untuk dibuang. Proses seleksi dilakukan dengan bantuan sensor. Secara umum berat tiap *cone* benang yang dihasilkan mencapai 1,95 kg.

3. Penenunan Benang di Departemen *Weaving*

a. Proses *Weaving Preparation*

- Proses *Hani*

Proses ini digunakan untuk menyiapkan benang sebagai bahan baku kain. Jenis benang yang disiapkan adalah benang lusi (benang memanjang) dan benang pakan (benang melintang). Benang yang disiapkan berasal dari *cone*. Proses ini menggunakan mesin *warper* yang akan menggulung benang lusi dari 585 *cone* pada sebuah *beam*.

- Proses Kanji

Proses ini berfungsi dalam meningkatkan kekuatan benang sehingga lebih tahan terhadap gesekan pada proses tenun. Proses yang dilakukan ialah dengan mencelupkan benang pada cairan kanji melalui mesin kanji. Cairan kanji tersebut dibuat dengan *Rule* yang terdiri dari bahan *Compound AT-8E*, anti jamur dan air. Ketiga bahan utama dimasak pada *mixer* sesuai takaran. Selain itu bahan juga diaduk selama 10 menit dan dipanaskan dengan suhu mencapai 80° Celcius. Cairan kanji yang siap pakai ditampung pada *size box*.

- Proses Cucuk

Proses ini berfungsi pada tahap akhir *preparation*. Proses ini benang di proses sehingga menjadi lebih kuat dan tidak putus. Mesin cucuk pada tahap ini digunakan untuk memasukkan benang lusi pada *gun*, ketang dan sisir.

b. Proses *Looming*

Proses *looming* berfungsi untuk menenun benang menjadi kain. Proses ini menggunakan dua jenis mesin tenun yaitu mesin *Shuttle* dan *Air Jet Loom*. Setelah melalui proses ini maka dihasilkan produk kain.

4. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas produk akhir atau kain dilakukan di Departemen P4 (Perencanaan, Perancangan dan Pengendalian Produksi) pada bagian *Grey*

Finishing. Jika ditemukan cacat yang tidak dapat diperbaiki pada produk kain maka kain akan dipotong. Namun jika cacat masih dapat diperbaiki maka dilakukan perbaikan sesuai dengan jenis cacatnya.

5. *Packaging*

Proses ini merupakan tahap akhir sebelum produk kain diambil oleh pelanggan. Produk kain dikemas dalam kardus pengemas sehingga siap didistribusikan kepada pelanggan atau untuk sementara waktu disimpan digudang.

4.2 Pengolahan Data

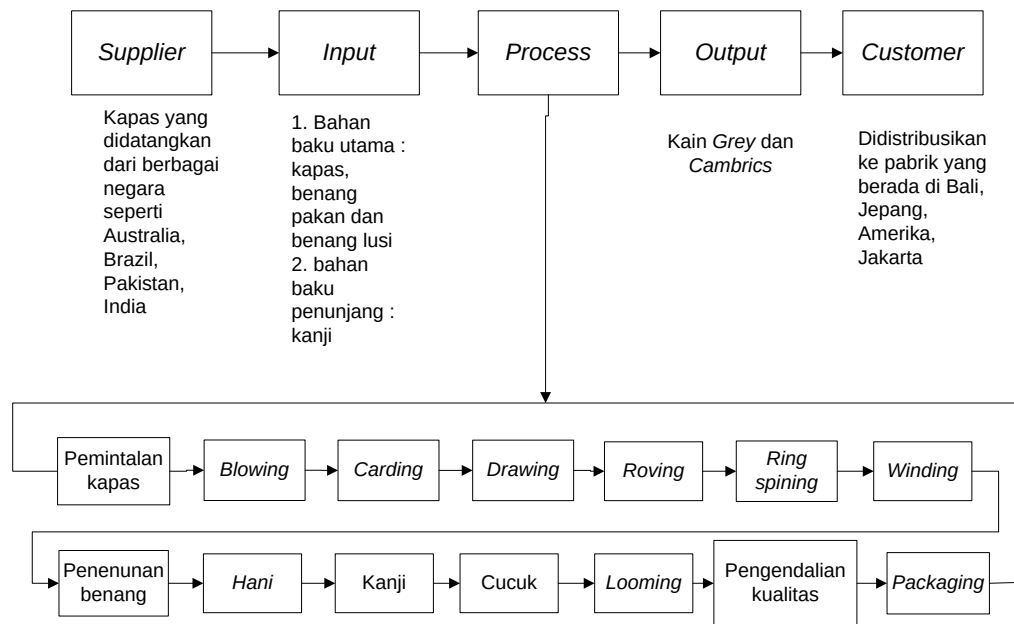
Untuk mengetahui faktor penyebab ketidaksesuaian yang berpengaruh terhadap output produk maka digunakan tahapan *DMAIC* (*Define – Measure – Analyze – Improve – Control*) dengan tahapan sebagai berikut :

4.2.1 Tahap Define

Langkah ini merupakan langkah awal dalam peningkatan kualitas *Lean Six Sigma*. Mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan *customer* atau kebutuhan produk.

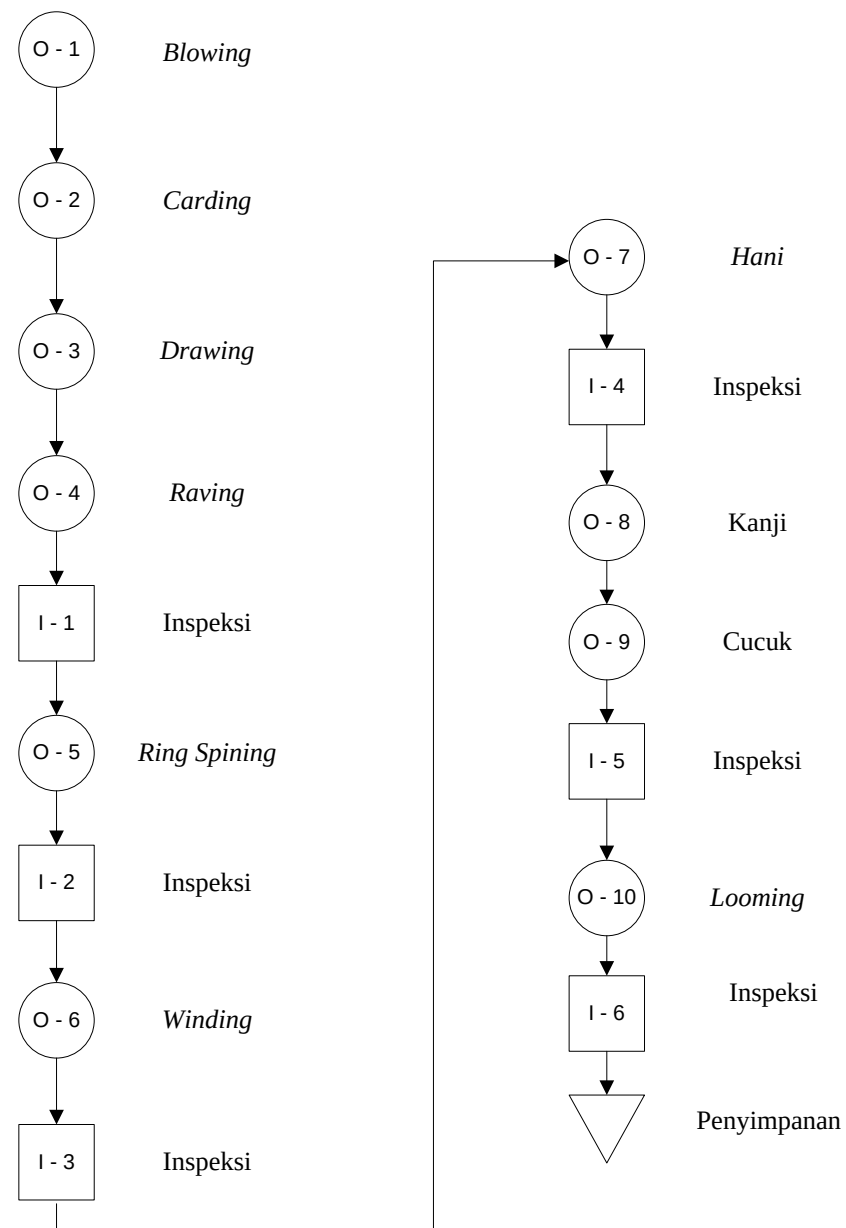
4.2.1.1 Diagram SIPOC

SIPOC merupakan diagram untuk mengidentifikasi semua elemen yang relevan dalam *process improvement project* yang mungkin tidak tercakup dengan baik.



Gambar 4.2 Diagram SIPOC PT. Primissima

4.2.1.2 Operation Process Chart (OPC)



Gambar 4.3 Operation Process Chart

4.2.2 Tahap *Measure* (Pengukuran)

4.2.2.1 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 yang jenis cacat produk yang mempengaruhi suatu *output*.

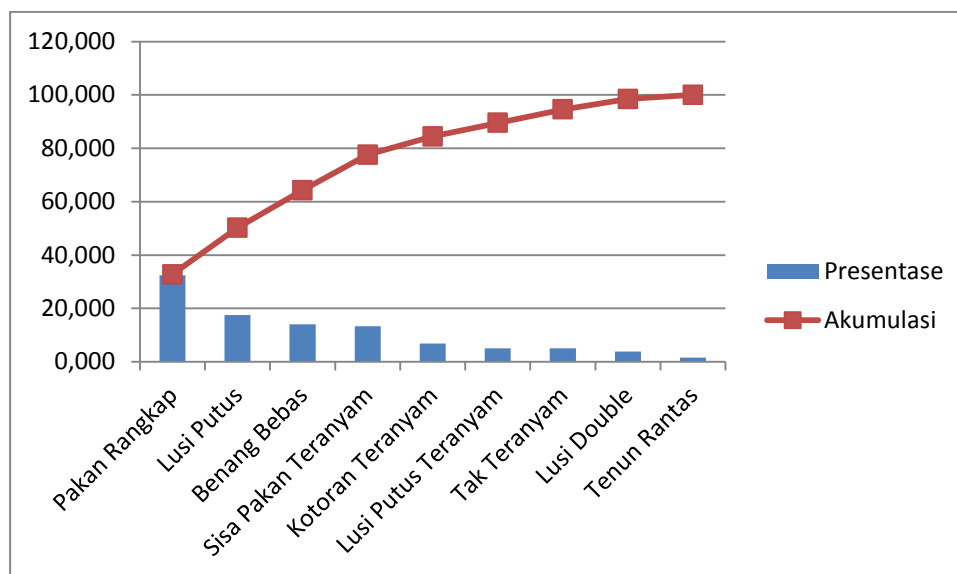
Tabel berikut adalah jenis-jenis produk terbanyak yang menghasilkan ketidaksesuaian pada periode Agustus 2014 :

Tabel 4.2 Kain yang Menghasilkan Kecacatan Terbanyak

Jenis Produk	Unit Produksi/Bulan	Jumlah Cacat/Bulan
PS217	1109	200

Tabel 4.3 Produk Kain PS217 Berdasarkan Karakteristik Jenis Cacat

No	Jenis Cacat Produk	Jumlah Cacat (<i>pcs</i>)	Presentase (%)	Akumulasi (%)
1	Pakan Rangkap	63	31,5	31,5
2	Lusi Putus	47	23,5	55
3	Benang Bebas	30	15	70
4	Sisa Pakan Teranyam	22	11	81
5	Kotoran Teranyam	15	7,5	88,5
6	Lusi Putus Teranyam	9	4,5	93
7	Tak Teranyam	6	3	96
8	Lusi <i>Double</i>	5	2,5	98,5
9	Tenun Rantas	3	1,5	100
Total		200		100



Gambar 4.4 Diagram Pareto pada Kain Jenis PS217

Berikut adalah CTQ potensial yang menyebabkan produk kain jenis PS217 mempunyai jenis cacat yang paling sering terjadi :

1. Pakan rangkap disebabkan ketika mesin berhenti karena terdapat pakan yang putus, namun ketika sudah diperbaiki pakan yang sebelumnya tidak diambil.
2. Lusi putus dapat terjadi karena pada proses pengkanjian, kurang meratanya cairan kanji pada lusi mengakibatkan tidak ratanya ketebalan benang.
3. Benang bebas terjadi karena benang terbang yang masuk dalam anyaman.

4.2.2.2 Data Atribut

4.2.2.2.1 Grafik Pengendali P

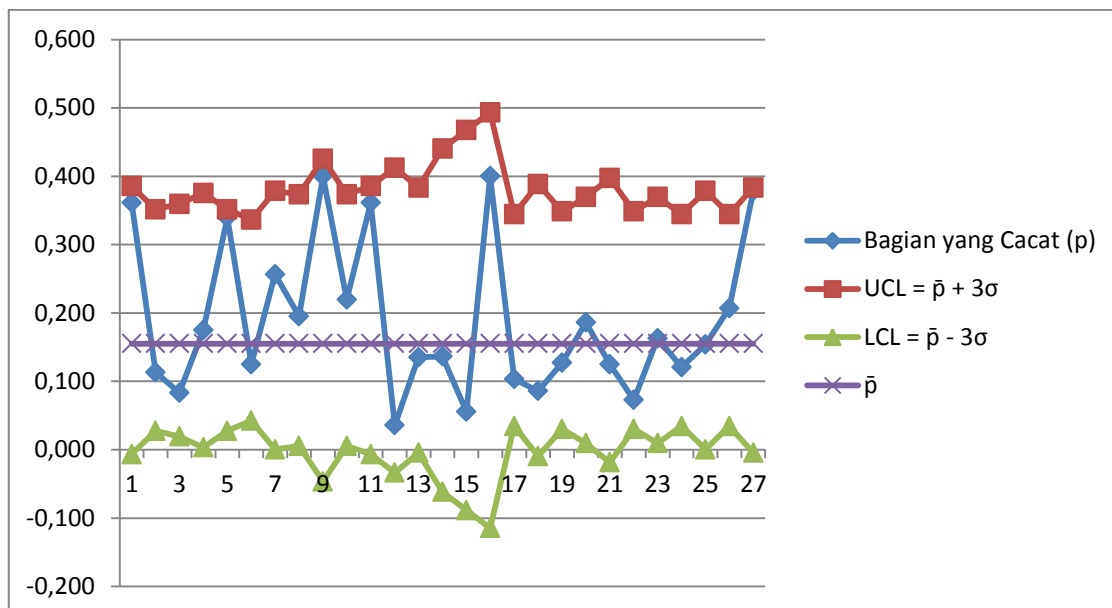
Untuk membuat grafik pengendali p dilakukan pengolahan data dengan menentukan nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah, sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 4.4 Pengolahan Data Ketidaksesuaian Produk Kain jenis PS217

No.	Jumlah Sample (n)	Jumlah Cacat (x)	Bagian yang Cacat (p)	$3\sigma = 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$UCL = \bar{p} + 3\sigma$	$LCL = \bar{p} - 3\sigma$
1	36	13	0,361	0,196	0,385	-0,007
2	53	6	0,113	0,162	0,351	0,027
3	48	4	0,083	0,17	0,359	0,019

No.	Jumlah Sample (n)	Jumlah Cacat (x)	Bagian yang Cacat (p)	$3\sigma = 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$UCL = \bar{p} + 3\sigma$	$LCL = \bar{p} - 3\sigma$
4	40	7	0,175	0,186	0,375	0,003
5	53	18	0,340	0,162	0,351	0,027
6	64	8	0,125	0,147	0,336	0,042
7	39	10	0,256	0,189	0,378	0,000
8	41	8	0,195	0,184	0,373	0,005
9	25	10	0,400	0,236	0,425	-0,047
10	41	9	0,220	0,184	0,373	0,005
11	36	13	0,361	0,196	0,385	-0,007
12	28	1	0,036	0,223	0,412	-0,034
13	37	5	0,135	0,194	0,383	-0,005
14	22	3	0,136	0,251	0,440	-0,062
15	18	1	0,056	0,278	0,467	-0,089
16	15	6	0,400	0,304	0,493	-0,115
17	58	6	0,103	0,155	0,344	0,034
18	35	3	0,086	0,199	0,388	-0,010
19	55	7	0,127	0,159	0,348	0,030
20	43	8	0,186	0,18	0,369	0,009
21	32	4	0,125	0,208	0,397	-0,019
22	55	4	0,073	0,159	0,348	0,030
23	43	7	0,163	0,18	0,369	0,009
24	58	7	0,121	0,155	0,344	0,034
25	39	6	0,154	0,189	0,378	0,000
26	58	12	0,207	0,155	0,344	0,034
27	37	14	0,378	0,194	0,383	-0,005
Total	1109	200	0,189			

Setelah dilakukan perhitungan seperti diatas, maka kita dapat mengplotkan data proporsi ketidaksesuaian produk kedalam grafik pengendali p, untuk mengetahui apakah data terkendali atau tidak secara statistik, adalah sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik Peta Kendali P Ketidaksesuaian Produk

4.2.2.2.2 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma

Perhitungan tingkat sigma yang meliputi perhitungan DPU (*defects per unit*), DPO (*defects per opportunities*), DPMO (*defects per million opportunities*) dan nilai sigma terlihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.5 DPMO dan Tingkat Sigma Kain Jenis PS.217 pada bulan Agustus 2014

No	Produk yang diperiksa	banyaknya produk cacat	CTQ Potensial	DPU	DPO	DPMO	Nilai Sigma
1	36	13	3	0,36	0,12	120370,37	2,67
2	53	6	3	0,11	0,04	37735,85	3,28
3	48	4	3	0,08	0,03	27777,78	3,41
4	40	7	3	0,18	0,06	58333,33	3,07
5	53	18	3	0,34	0,11	113207,55	2,71
6	64	8	3	0,13	0,04	41666,67	3,23
7	39	10	3	0,26	0,09	85470,09	2,87
8	41	8	3	0,20	0,07	65040,65	3,01
9	25	10	3	0,40	0,13	133333,33	2,61
10	41	9	3	0,22	0,07	73170,73	2,95
11	36	13	3	0,36	0,12	120370,37	2,67
12	28	1	3	0,04	0,01	11904,76	3,76
13	37	5	3	0,14	0,05	45045,05	3,19
14	22	3	3	0,14	0,05	45454,55	3,19

No	Produk yang diperiksa	banyaknya produk cacat	CTQ Potensial	DPU	DPO	DPMO	Nilai Sigma
15	18	1	3	0,06	0,02	18518,52	3,59
16	15	6	3	0,40	0,13	133333,33	2,61
17	58	6	3	0,10	0,03	34482,76	3,32
18	35	3	3	0,09	0,03	28571,43	3,40
19	55	7	3	0,13	0,04	42424,24	3,22
20	43	8	3	0,19	0,06	62015,50	3,04
21	32	4	3	0,13	0,04	41666,67	3,23
22	55	4	3	0,07	0,02	24242,42	3,47
23	43	7	3	0,16	0,05	54263,57	3,10
24	58	7	3	0,12	0,04	40229,89	3,25
25	39	6	3	0,15	0,05	51282,05	3,13
26	58	12	3	0,21	0,07	68965,52	2,98
27	37	14	3	0,38	0,13	126126,13	2,64
	1109	200	3	0,19	0,06	63148,26	3,10

Perhitungan berdasarkan tabel diatas adalah sebagai berikut :

- a. Produk yang diperiksa (U)

Jumlah produk kain PS217 yang diperiksa setiap hari pada bulan Agustus 2014.

- b. Banyaknya produk cacat (D)

Banyaknya jumlah cacat pada produk kain jenis PS217

- c. *Critical to quality* (CTQ)

Adapun karakteristik yang dipilih adalah pakan rangkap, lusi putus dan benang bebas.

- d. *Defects per Unit* (DPU)

$$DPU = \frac{\text{Banyak unit yang gagal (defect)}}{\text{banyak unit yang diperiksa}}$$

$$DPU = \frac{13}{36} = 0,36 \text{ dan seterusnya}$$

- e. *Defects per opportunity* (DPO)

$$DPO = \frac{DPU}{CTQ}$$

$$DPO = \frac{0,361}{3} = 0,12 \text{ dan seterusnya}$$

- f. *Defects per million opportunities* (DPMO)

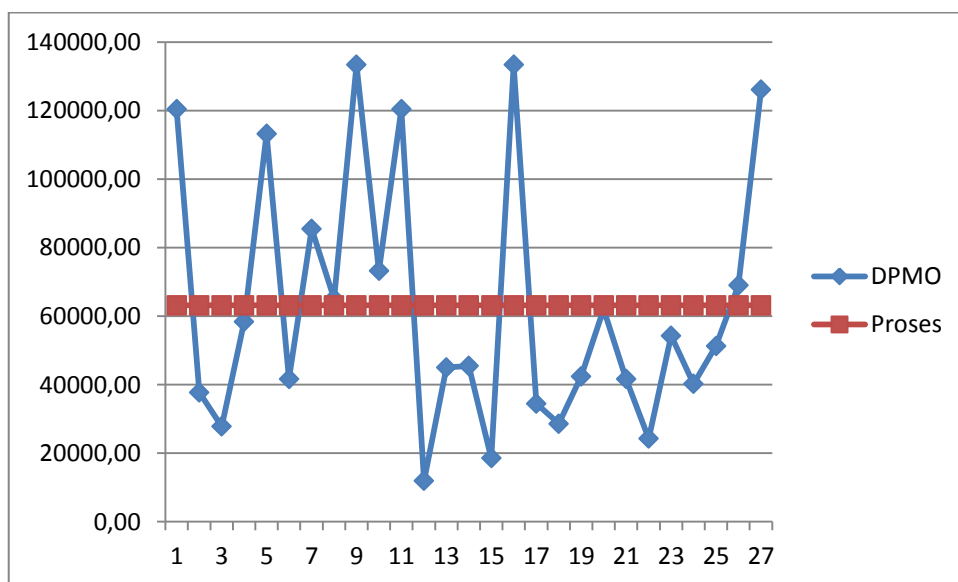
$$DPMO = DPO \times 1000000$$

$$DPMO = 0,12 \times 1000000 = 120370,37$$

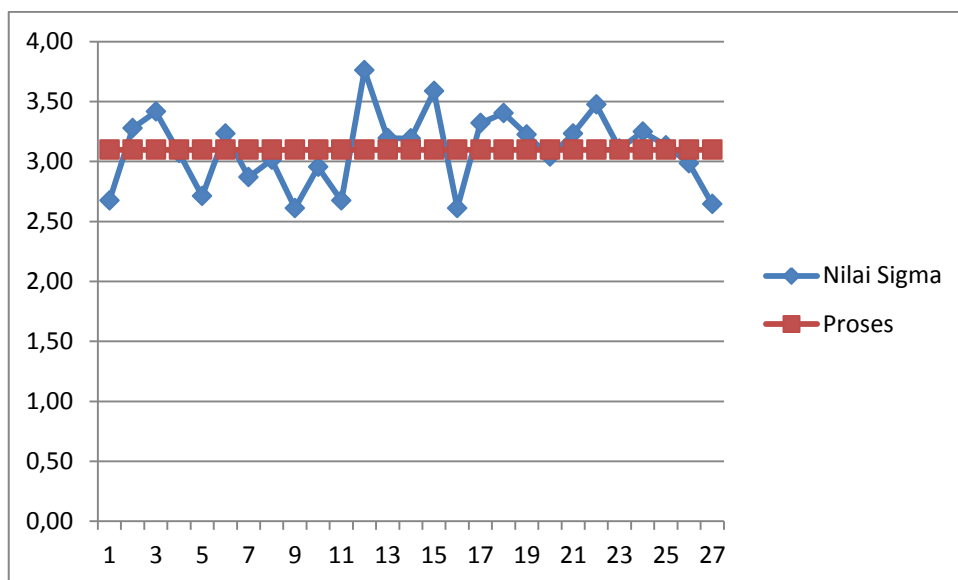
g. Nilai Sigma

Dengan menggunakan acuan tabel dari sumber (“Nilai-nilai yang dibangkitkan menggunakan program” oleh Vincent Gaspersz, 2002). Berdasarkan tabel konversi DPMO ke nilai sigma atau level sigma untuk produk kain jenis PS217 adalah 2,67 sigma.

Pada tabel diatas, menunjukkan proses produksi kain jenis PS217 berlangsung pada tingkat sigma 2,67 dan DPMO sebesar 120370,37 atau dibulatkan menjadi 120.370 yang dapat diartikan bahwa dari satu juta kali kesempatan yang ada, akan terdapat 120.370 kemungkinan produk kain jenis PS217 yang cacat. Perhitungan DPMO dan nilai sigma dapat digambarkan melalui grafik berikut :



Gambar 4.6 Grafik DPMO



Gambar 4.7 Grafik Nilai Sigma

4.2.2.3 Data Variabel

Data variabel yang akan dianalisis adalah kualitas benang. Spesifikasi yang diinginkan untuk masing-masing variabel adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Spesifikasi kain PS217

No	Variabel	LSL	USL	Target	Toleransi
1	Kualitas Benang	IMB 500 g	IMB 620 g	IMB 560 g	IMB $\pm$ 60 g
2	<i>Unevenness</i>	Nilai 14,5 %	Nilai 15,5 %	Nilai 15 %	Nilai $\pm$ 0,5 %

4.2.2.3.1 Variabel Kualitas Benang

- Pengukuran Variabel Kualitas Benang, dengan USL = IMB 620 g, LSL = IMB 500 g dan target IMB 560 g.

Tabel 4.7 Pengolahan Data untuk Kualitas Benang

No	n = 5					Jumlah	(X-bar)	(R)	(S=R/d2)
	X1	X2	X3	X4	X5				
1	591	593	575	510	584	2853	570,6	83	35,6836
2	553	555	469	533	537	2647	529,4	86	36,9733
3	537	569	574	550	561	2791	558,2	37	15,9071
4	575	547	556	572	521	2771	554,2	54	23,2158

No	n = 5					Jumlah	(X-bar)	(R)	(S=R/d2)
	X1	X2	X3	X4	X5				
5	526	532	584	532	546	2720	544	58	24,9355
6	539	532	567	569	572	2779	555,8	40	17,1969
7	533	572	635	646	550	2936	587,2	113	48,5813
8	469	550	576	591	533	2719	543,8	122	52,4506
9	591	533	521	536	510	2691	538,2	81	34,8237
10	607	510	541	567	518	2743	548,6	97	41,7025
11	634	518	553	574	574	2853	570,6	116	49,871
12	646	547	479	584	584	2840	568	167	71,7971
13	591	542	521	565	565	2784	556,8	70	30,0946
14	536	560	539	568	556	2759	551,8	32	13,7575
15	567	560	646	469	539	2781	556,2	177	76,0963
16	574	546	537	591	533	2781	556,2	58	24,9355
17	584	563	575	569	469	2760	552	115	49,4411
18	565	579	526	533	591	2794	558,8	65	27,945
19	556	584	539	587	607	2873	574,6	68	29,2347
20	559	521	533	498	539	2650	530	61	26,2253
21	576	562	469	542	533	2682	536,4	107	46,0017
22	586	541	591	531	469	2718	543,6	122	52,4506
23	587	495	607	643	591	2923	584,6	148	63,6285
24	565	596	518	521	607	2807	561,4	89	38,2631
25	572	534	547	562	546	2761	552,2	38	16,3371
26	591	582	542	541	563	2819	563,8	50	21,4961
27	579	550	560	495	579	2763	552,6	84	36,1135
						Jumlah	14999,6	2338	
						Proses	555,541	86,5926	37,2281

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan :

$$\text{Rata-rata (mean) proses : } \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{\sum n} = \frac{14999,6}{27} = 555,541$$

$$\text{Range Proses : } \bar{R} = \frac{\sum r}{\sum n} = \frac{2338}{27} = 86,5926$$

Nilai d2 untuk ukuran n = 5 adalah 2,326

$$\text{Standar Deviasi Proses : } S = \bar{R} / d_2 = 86,5926 / 2,326 = 37,228$$

Peta Pengendali R

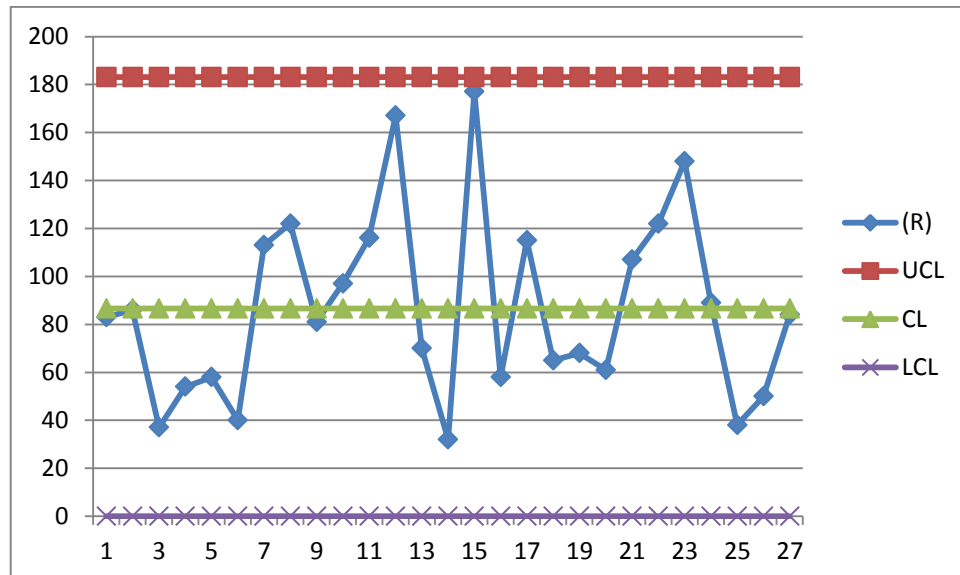
$$\text{Garis tengah : } \bar{R} = \frac{\sum r}{\sum n} = \frac{2338}{27} = 86,5926$$

Batas pengendali untuk grafik R :

$$\text{UCL : } D_4 \bar{R} = 2,114 \times 86,5926 = 183,056$$

$$CL : \bar{R} = 86,5926$$

$$LCL : D_3 \bar{R} = 0 \times 86,5926 = 0$$



Gambar 4.8 Peta Kendali R Kualitas Benang

Peta kendali R pada gambar diatas menunjukkan bahwa variabilitas proses terkendali. Sehingga dapat dilanjutkan untuk membuat peta pengendali $\bar{x}$.

Peta Pengendali $\bar{x}$

$$\text{Garis Tengah : } \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{\sum n} = \frac{14999,6}{27} = 555,541$$

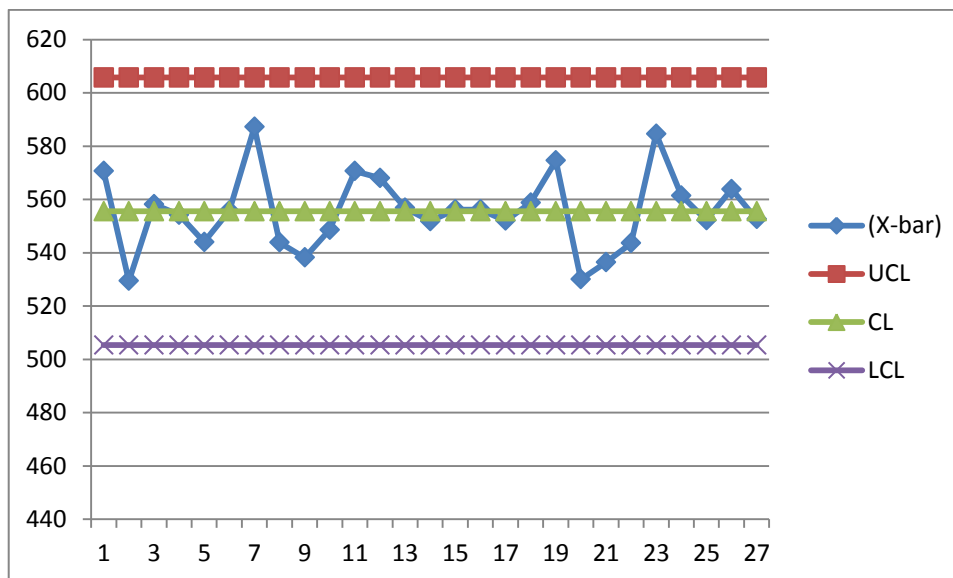
Nilai A_2 untuk ukuran contoh $n = 5$ adalah 0,58

Batas pengendali untuk grafik $\bar{x}$:

$$UCL : \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 555,541 + (0,58 \times 86,5926) = 605,764$$

$$\text{Garis Tengah (CL)} = \bar{\bar{x}} = 555,541$$

$$LCL : \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 555,541 - (0,58 \times 86,5926) = 505,317$$



Gambar 4.9 Peta Pengendali $\bar{X}$ Kualitas Benang

Peta pengendali $\bar{x}$ pada Kualitas Benang menunjukkan bahwa variabilitas proses telah terkendali atau data yang dikumpulkan telah stabil. Sehingga dapat dilanjutkan untuk menghitung DPMO dan tingkat sigma.

b. Menentukan *Baseline* Kinerja (DPMO dan Tingkat Sigma) untuk Kualitas Benang

Tabel 4.8 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma untuk Variabel Kualitas Benang

No.	(X-bar)	(S=R/d2)	DPMO	Nilai sigma
1	570,6	35,684	107700	2,73
2	529,4	36,973	219000	2,27
3	558,2	15,907	180	5,06
4	554,2	23,216	12200	3,75
5	544	24,936	40380	3,24
6	555,8	17,197	700	4,69
7	587,2	48,581	284900	2,06
8	543,8	52,451	274000	2,1
9	538,2	34,824	145100	2,55
10	548,6	41,702	164600	2,47
11	570,6	49,871	238900	2,2
12	568	71,797	406900	1,73
13	556,8	30,095	47300	3,17
14	551,8	13,758	80,3	5,27
15	556,2	76,096	430100	1,67
16	556,2	24,936	17400	3,61
17	552	49,441	230700	2,23

No.	(X-bar)	(S=R/d2)	DPMO	Nilai sigma
18	558,8	27,945	32200	3,34
19	574,6	29,235	66000	3
20	530	26,225	127400	2,63
21	536,4	46,002	249200	2,17
22	543,6	52,451	275400	2,09
23	584,6	63,629	379500	1,8
24	561,4	38,263	117800	2,68
25	552,2	16,337	721,68	4,68
26	563,8	21,496	6000	4,01
27	552,6	36,113	102800	2,76
Proses	555,541	37,228	109900	2,72

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan bahwa :

$$\text{Rata-rata (mean) proses : } \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{\sum n} = \frac{14999,6}{27} = 555,541$$

$$\text{Range Proses : } \bar{R} = \frac{\sum r}{\sum n} = \frac{2338}{27} = 86,5926$$

Nilai d2 untuk ukuran n = 5 adalah 2,326

$$\text{Standar Deviasi Proses : } S = \bar{R} / d_2 = 86,5926 / 2,326 = 37,228$$

$$UCL = 620 ; LCL = 500$$

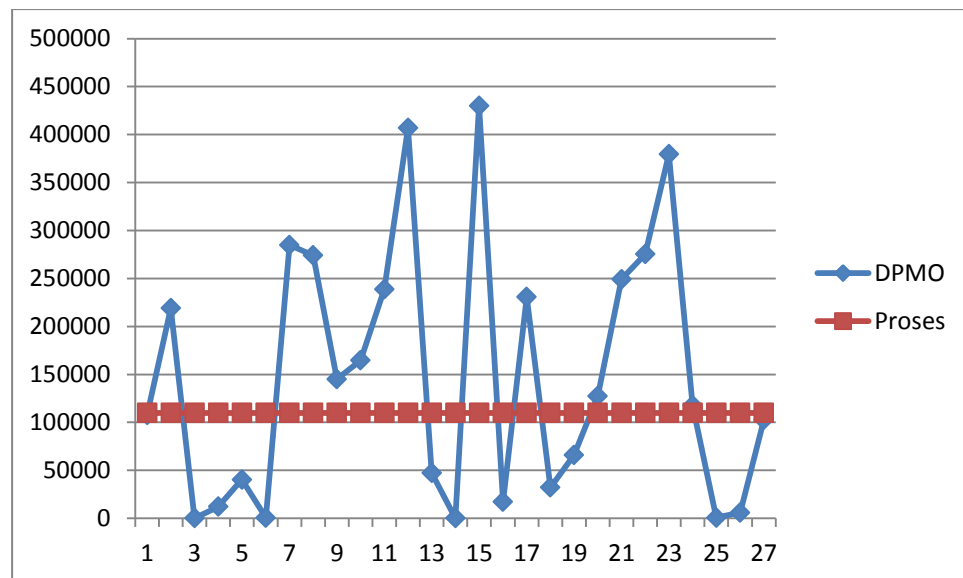
$$\begin{aligned} \text{UCL/DPMO} &= P \left(Z \geq \frac{UCL - \bar{\bar{x}}}{S} \right) \times 1000000 \\ &= P \left(Z \geq \frac{620 - 555,541}{37,228} \right) \times 1000000 \\ &= P (Z \geq 1,73) \times 1000000 \\ &= \{ 1 - P (Z \geq 1,73) \} \times 1000000 \\ &= \{ 1 - 0,9582 \} \times 1000000 = 41800 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCL/DPMO} &= P \left(Z \leq \frac{LCL - \bar{\bar{x}}}{S} \right) \times 1000000 \\ &= P \left(Z \leq \frac{500 - 555,541}{37,228} \right) \times 1000000 \\ &= P (Z \leq - 1,49) \times 1000000 \\ &= (0,0681) \times 1000000 = 68100 \end{aligned}$$

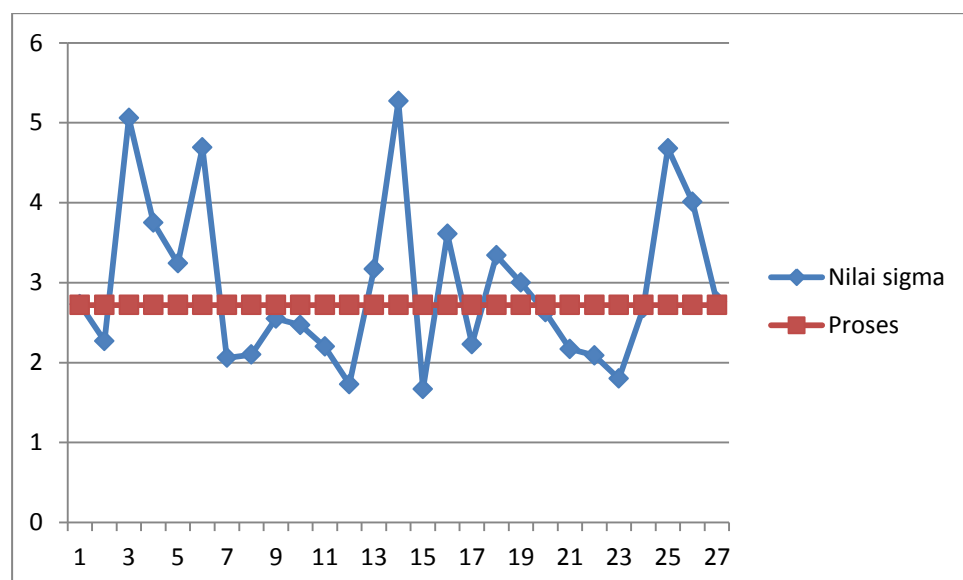
$$\text{DPMO} = 41800 + 68100$$

$$= 109900$$

Konversi nilai DPMO ke dalam nilai sigma berdasar konsep Motorola, nilai sigma = 2,72. Berbagai nilai DPMO dan Nilai Sigma dalam tabel 4.10 apabila dimasukkan ke dalam grafik, maka akan tampak seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 4.10 Grafik Pola DPMO untuk Kualitas Benang



Gambar 4.11 Grafik Pola Kapabilitas Sigma untuk Kualitas Benang

Dari kedua gambar diatas, dapat diketahui bahwa pola DPMO dari kecacatan produk kain jenis PS217 PT. Primissima dan pencapaian tingkat sigma yang dihasilkan oleh data variabel Kualitas benang masih bervariasi naik turun sepanjang periode

produksi dan masih jauh dengan 6 sigma yang diharapkan. Apabila suatu proses dikendalikan dan ditingkatkan secara terus menerus, maka akan menunjukkan pola DPMO yang terus menurun sepanjang waktu dan pola kapabilitas sigma yang meningkat secara terus- menerus.

4.2.2.3.2 Variabel Unevenness

a. Pengukuran Variabel Unevenness, dengan nilai USL = 15,5 % dan target nilai 15 %.

Tabel 4.9 Pengolahan Data untuk *Unevenness*

No	n = 5					Jumlah	(X-bar)	(R)	(S=R/d2)
	X1	X2	X3	X4	X5				
1	14,45	14,82	14,83	13,89	14,72	72,71	14,542	0,94	0,40
2	14,88	14,94	14,72	14,72	14,26	73,52	14,704	0,68	0,29
3	14,51	13,8	14,15	14,28	14,51	71,25	14,25	1,09	0,47
4	14,38	14,96	14,49	14,64	13,9	72,37	14,474	1,06	0,46
5	14,74	14,5	14,94	14,26	14,79	73,23	14,646	0,68	0,29
6	13,96	14,39	13,89	14,83	14,61	71,68	14,336	1,10	0,47
7	14,91	14,51	14,73	14,5	14,25	72,9	14,58	0,94	0,41
8	13,71	14,48	14,27	14,77	14,46	71,69	14,338	1,06	0,46
9	14,8	13,94	14,46	14,38	14,23	71,81	14,362	1,10	0,47
10	14,82	14,79	14,71	13,95	14,19	72,46	14,492	0,87	0,37
11	14,96	14,32	14,28	14,6	14,65	72,81	14,562	0,90	0,39
12	15,4	14,27	14,7	14,28	15,4	74,05	14,81	1,13	0,49
13	15,17	14,62	15,1	14,36	15,38	74,63	14,926	1,02	0,44
14	14,76	14,37	14,68	14,72	14,29	72,82	14,564	0,88	0,38
15	14,9	14,85	14,39	14,41	14,72	73,27	14,654	1,09	0,47
16	14,5	15,06	14,6	14,2	14,47	72,83	14,566	0,86	0,37
17	14,32	14,79	14,83	15,04	15,2	74,18	14,836	0,88	0,38
18	14,8	14,63	14,26	14,71	14,25	72,65	14,53	0,90	0,39
19	14,48	14,2	14,92	15,37	14,72	73,69	14,738	1,17	0,50
20	14,68	14,58	14,67	14,61	14,24	72,78	14,556	0,99	0,43
21	14,92	14,4	14,28	14,91	14,3	72,81	14,562	0,84	0,36
22	14,37	13,95	14,39	14,72	14,72	72,15	14,43	1,10	0,48
23	14,9	14,75	14,62	15,4	14,3	73,97	14,794	1,10	0,47
24	14,28	14,8	14,79	14,38	13,79	72,04	14,408	1,01	0,43
25	15,02	14,34	13,79	14,2	14,31	71,66	14,332	1,23	0,53
26	14,51	14,9	14,5	14,81	14,72	73,44	14,688	0,84	0,36
27	14,74	14,4	14,28	13,92	15,2	72,54	14,508	1,28	0,55
Jumlah						393,188	26,75		

No	n = 5					Jumlah Proses	(X-bar)	(R)	(S=R/d2)
	X1	X2	X3	X4	X5				
							14,5625	0,99	0,43

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan :

$$\text{Rata-rata (mean) proses : } \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{\sum n} = \frac{393,188}{27} = 14,56$$

$$\text{Range Proses : } \bar{\bar{R}} = \frac{\sum r}{\sum n} = \frac{20,82}{27} = 0,99$$

$$\text{Standar Deviasi Proses : } S = \bar{\bar{R}} / d_2 = 0,99 / 2,326 = 0,43$$

Nilai d2 untuk ukuran n = 5 adalah 2,326 (lampiran)

Peta Pengendali R

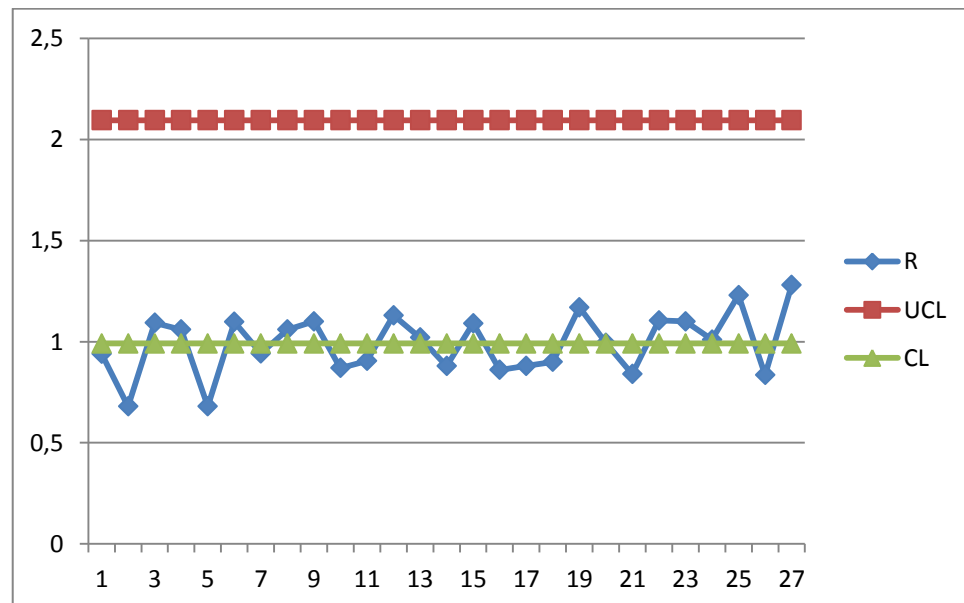
$$\text{Garis tengah : } \bar{\bar{R}} = \frac{\sum r}{\sum n} = \frac{26,75}{27} = 0,99$$

Nilai untuk ukuran contoh n = 5 adalah $D_4 = 2,114$ dan $D_3 = 0$

Batas pengendali untuk grafik R :

$$\text{UCL : } D_4 \bar{\bar{R}} = 2,114 \times 0,99 = 2,092$$

$$\text{CL : } \bar{\bar{R}} = 0,99$$



Gambar 4.12 Peta Kendali R Unevenness

Peta kendali R pada gambar diatas menunjukkan bahwa variabilitas proses terkendali. Sehingga dapat dilanjutkan untuk membuat peta pengendali $\bar{x}$.

Peta Pengendali $\bar{x}$

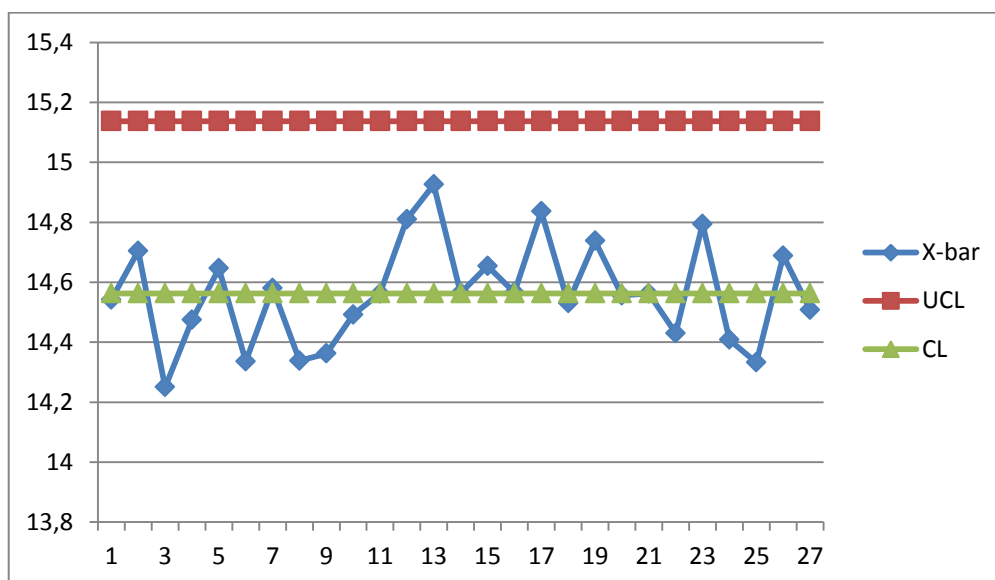
$$\text{Garis Tengah : } \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{\sum n} = \frac{393,188}{27} = 14,56$$

Nilai A_2 untuk ukuran contoh $n = 5$ adalah 0,58

Batas pengendali untuk grafik $\bar{x}$:

$$\text{UCL : } \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 14,56 + (0,58 \times 0,99) = 15,137$$

$$\text{Garis Tengah (CL)} = \bar{\bar{x}} = 14,56$$



Gambar 4.13 Peta Pengendali Xbar *Unevenness*

Peta pengendali $\bar{x}$ pada *Unevenness* menunjukkan bahwa variabilitas proses telah terkendali atau data yang dikumpulkan telah stabil. Sehingga dapat dilanjutkan untuk menghitung DPMO dan tingkat sigma.

- b. Menentukan Baseline Kinerja (DPMO dan Tingkat Sigma) untuk *Unevenness*

Tabel 4.10 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma untuk Variabel *Unevenness*

No	(X-bar)	(R)	(S=R/d2)	DPMO	Level Sigma
1	14,54	0,94	0,40	8881,05	3,87
2	14,70	0,68	0,29	3236,68	4,22

No	(X-bar)	(R)	(S=R/d2)	DPMO	Level Sigma
3	14,25	0,71	0,47	3911,97	4,16
4	14,47	1,06	0,46	12180,35	3,75
5	14,65	0,68	0,29	1743,53	4,42
6	14,34	0,94	0,47	6829,63	3,97
7	14,58	0,66	0,41	11555,19	3,77
8	14,34	1,06	0,46	5388,89	4,05
9	14,36	0,86	0,47	8065,91	3,91
10	14,49	0,87	0,37	3519,94	4,19
11	14,56	0,68	0,39	7947,64	3,91
12	14,81	1,13	0,49	77760,05	2,92
13	14,93	1,02	0,44	95276,47	2,81
14	14,56	0,47	0,38	6639,64	3,98
15	14,65	0,51	0,47	35628,36	3,30
16	14,57	0,86	0,37	5766,11	4,03
17	14,84	0,88	0,38	39623,43	3,26
18	14,53	0,55	0,39	6097,34	4,01
19	14,74	1,17	0,50	64901,14	3,01
20	14,56	0,44	0,43	13525,79	3,71
21	14,56	0,64	0,36	4683,81	4,10
22	14,43	0,77	0,48	12141,19	3,75
23	14,79	1,10	0,47	67735,73	2,99
24	14,41	1,01	0,43	5954,26	4,01
25	14,33	1,23	0,53	13595,86	3,71
26	14,69	0,40	0,36	11853,69	3,76
27	14,51	1,28	0,55	35721,60	3,30
Proses	14,56	0,84	0,43	13872,85	3,70

Dari perhitungan sebelumnya didapat bahwa :

$$\text{Rata-rata (mean) proses : } \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{\sum n} = \frac{393,188}{27} = 14,56$$

$$\text{Range Proses : } \bar{\bar{R}} = \frac{\sum r}{\sum n} = \frac{20,82}{27} = 0,99$$

Nilai d2 untuk ukuran n = 5 adalah 2,326

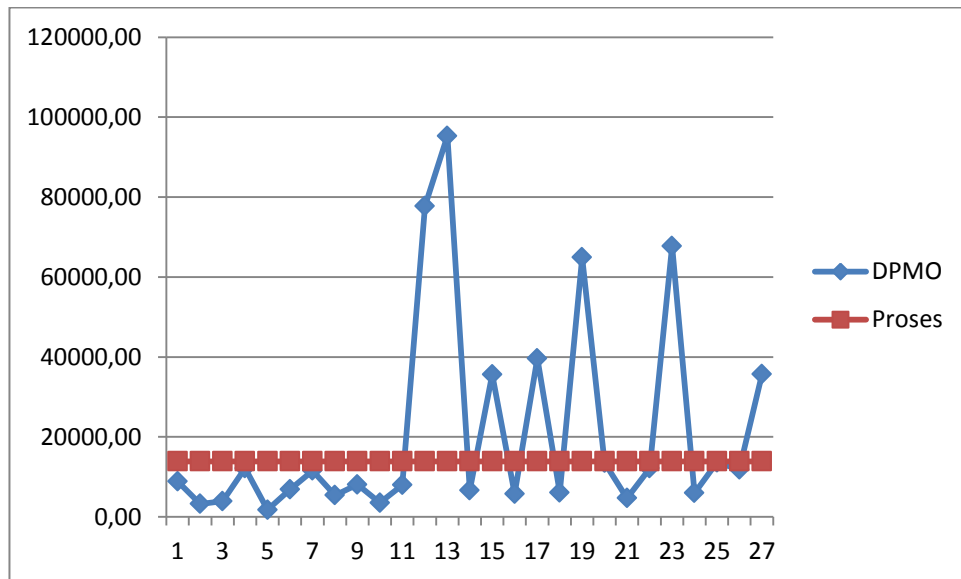
$$\text{Standar Deviasi Proses : } S = \bar{\bar{R}} / d2 = 0,99 / 2,326 = 0,43$$

$$UCL = 15,5$$

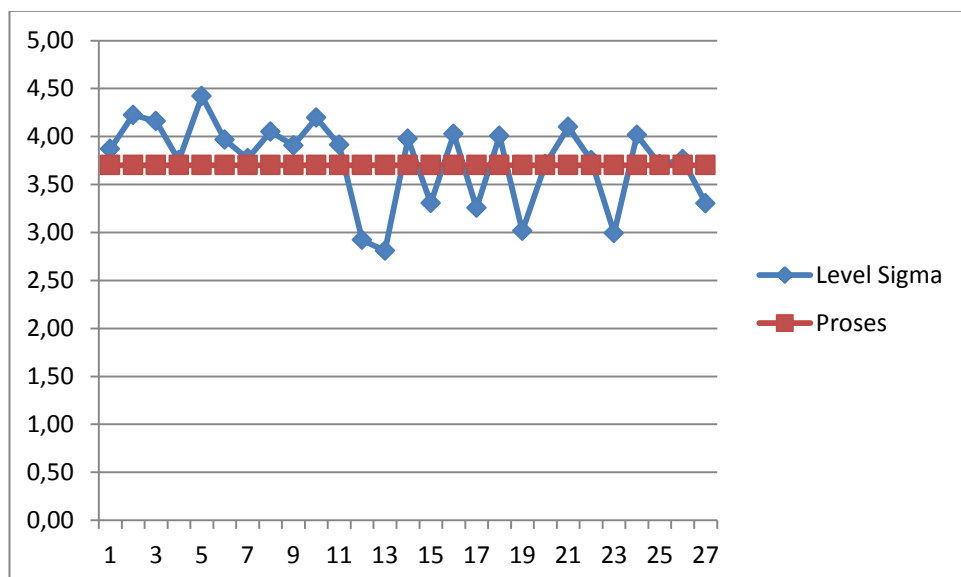
$$\begin{aligned} UCL/DPMO &= P \left(Z \geq \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{S} \right) \times 1000000 \\ &= P \left(Z \geq \frac{15,5 - 14,56}{0,43} \right) \times 1000000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= P (Z \geq 1,02) \times 1000000 \\
 &= \{ 1 - P (Z \geq 2,20) \} \times 1000000 \\
 &= \{ 1 - 0,986128 \} \times 1000000 = 13872,85
 \end{aligned}$$

Konversi nilai DPMO ke dalam nilai sigma berdasar konsep Motorola, nilai sigma = 3,70. Berbagai nilai DPMO dan Nilai Sigma dalam tabel 4.10 apabila dimasukkan ke dalam grafik, maka akan tampak seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 4.14 Grafik Pola DPMO untuk *Unevenness*



Gambar 4.15 Grafik Pola Kapabilitas Sigma untuk *Unevenness*

Dari kedua gambar diatas, dapat diketahui bahwa pola DPMO dari kecacatan produk kain jenis PS217 PT. Primiissima dan pencapaian tingkat sigma yang dihasilkan oleh data variabel *Unevenness* masih bervariasi naik turun sepanjang periode produksi dan masih jauh dengan 6 sigma yang diharapkan. Apabila suatu proses dikendalikan dan ditingkatkan secara terus menerus, maka akan menunjukkan pola DPMO yang terus menurun sepanjang waktu dan pola kapabilitas sigma yang meningkat secara terus-menerus.

4.2.3 Tahap *Analyze* (Analisis)

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.

4.2.3.1 Menentukan Stabilitas Proses dan Kapabilitas Proses

4.2.3.1.1 Kualitas Benang (spesifikasi IMB 560 g ± 60 g)

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*.

$$\text{BPA} = \text{Batas Pengendali Atas} = T + 1,5 S_{\max}$$

$$\text{BPB} = \text{Batas Pengendali Bawah} = T - 1,5 S_{\max}$$

$$\text{Nilai Sigma} = 2,72$$

$$\text{BSA} = \text{Batas Spesifikasi Atas} = 620$$

$$\text{BSB} = \text{Batas Spesifikasi Bawah} = 500$$

$$T = 560$$

Berdasarkan informasi tersebut dapat diketahui nilai batas toleransi maksimum $S_{\max}$.

Dimana :

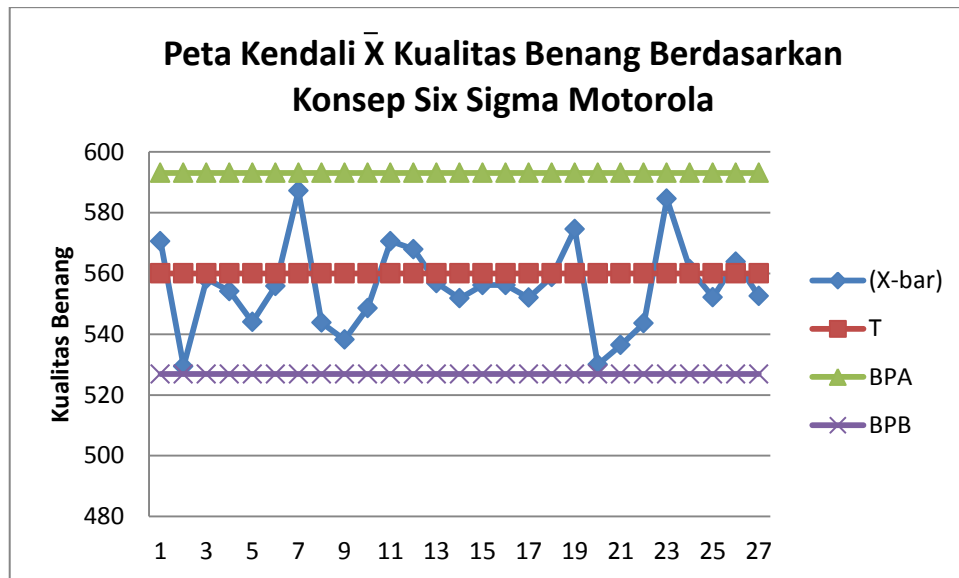
$$\begin{aligned} S_{\max} &= \left[\frac{1}{(2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma})} \right] \times | \text{BSA} - \text{BSB} | \\ &= \left[\frac{1}{(2 \times 2,72)} \right] \times | 620 - 500 | = 22,058 \end{aligned}$$

Jadi batas pengendalinya adalah :

$$\text{BPA} = T + 1,5 S_{\max} = 560 + 1,5 (22,058) = 593,088$$

$$\text{BPB} = T - 1,5 S_{\max} = 560 - 1,5 (22,058) = 526,913$$

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



Gambar 4.16 Peta Kendali $\bar{X}$ Kualitas Benang Berdasarkan Konsep *Six Sigma Motorola*

Peta kendali $\bar{X}$ Kualitas Benang berdasarkan konsep *Six Sigma Motorola* dalam keadaan terkendali karena semua titik berada diantara batas pengendali atas dan batas pengendali bawah.

Kapabilitas Proses

$$\begin{aligned}
 C_{pm} &= \frac{(BSA - BSB)}{6 \sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}} \\
 &= \frac{(620 - 500)}{6 \sqrt{(555,541 - 560)^2 + 37,288^2}} \\
 &= \frac{120}{6 \sqrt{19,882 + 1390,394}} \\
 &= \frac{120}{225,321} = 0,53 \\
 C_{pk} &= \min \left[\frac{BSA - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - BSB}{3\sigma} \right] \\
 &= \min \left[\frac{620 - 555,541}{3(37,288)}, \frac{555,541 - 500}{3(37,288)} \right]
 \end{aligned}$$

$$= \min [0,576 ; 0,496] = 0,496$$

$$\begin{aligned} C_{pmk} &= \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + \left[\frac{\bar{X} - T}{s} \right]^2}} \\ &= \frac{0,496}{\sqrt{1 + \left[\frac{555,541 - 560}{37,288} \right]^2}} \\ &= 0,489 \end{aligned}$$

4.2.3.1.2 Unevenness (Spesifikasi Nilai 15 + 0,5 %)

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.

$$BPA = \text{Batas Pengendali Atas} = T + 1,5 S_{\max}$$

$$BPB = \text{Batas Pengendali Bawah} = T - 1,5 S_{\max}$$

$$\text{Nilai Sigma} = 3,70$$

$$BSA = \text{Batas Spesifikasi Atas} = 15,5$$

$$T = 15$$

Berdasarkan informasi tersebut dapat diketahui nilai batas toleransi maksimum $S_{\max}$.

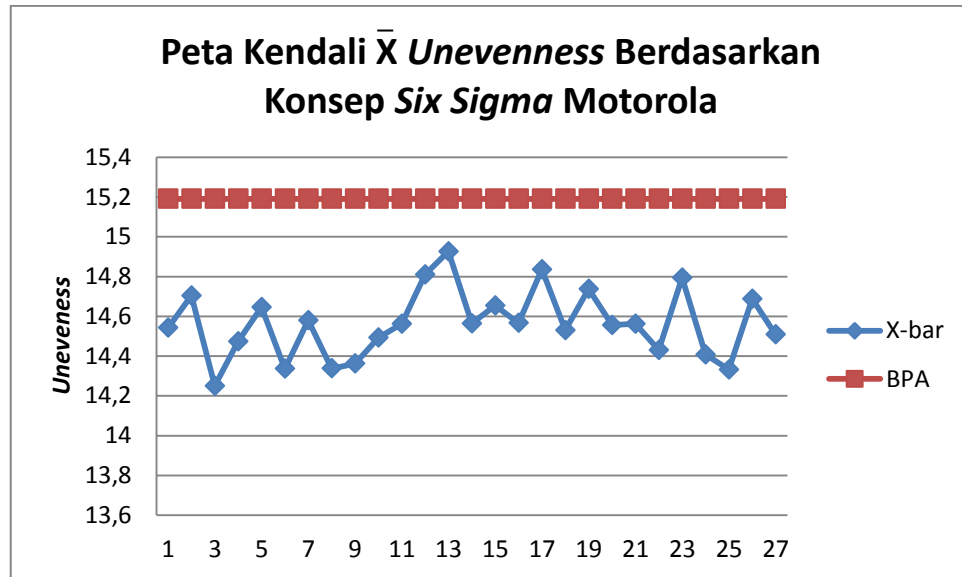
Dimana :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \left[\frac{1}{(2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma})} \right] \times |BSA - T| \\ &= \left[\frac{1}{(2 \times 3,70)} \right] \times |15,5 - 14,56| = 0,127 \end{aligned}$$

Jadi batas pengendalinya adalah :

$$BPA = T + 1,5 S_{\max} = 15 + 1,5 (0,127) = 15,1905$$

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



Gambar 4.17 Peta Kendali $\bar{X}$ Unevenness berdasarkan Konsep Six Sigma

Peta kendali $\bar{X}$ Unevenness berdasarkan konsep Six Sigma Motorola dalam keadaan terkendali karena semua titik berada diantara batas pengendali atas dan batas pengendali bawah.

Kapabilitas Proses

$$\begin{aligned}
 C_{pm} &= \frac{(BS-T)}{3 \sqrt{(Xbar-T)^2 + S^2}} \\
 &= \frac{(15,5-15)}{3 \sqrt{(14,56-15)^2 + 0,43^2}} \\
 &= \frac{0,5}{3 \sqrt{0,1936 + 0,1849}} \\
 &= \frac{0,5}{1,845} = 0,27
 \end{aligned}$$

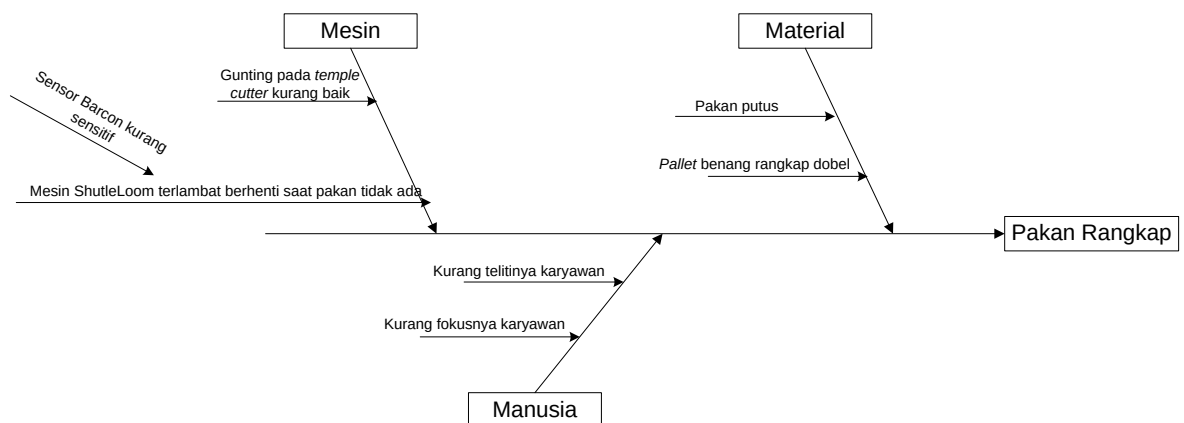
Untuk satu batas spesifikasi $C_{pk} = C_{pmk}$

$$\begin{aligned}
 C_{pmk} &= \frac{BS-T}{3 S} \\
 &= \frac{15,5-15}{3 (0,43)} \\
 &= \frac{0,5}{1,29} \\
 &= 0,387
 \end{aligned}$$

4.2.3.2 Mengidentifikasi Sumber Penyebab Kecacatan Produk

Jenis kecacatan produk terbesar yang terjadi pada bulan Agustus 2014 produk kain jenis PS217 adalah pakan rangkap, lusi putus dan benang bebas. Jenis- jenis cacat tersebut dapat terjadi pada tahap proses yang antara lain disebabkan oleh beberapa faktor seperti lingkungan kerja, mesin, tenaga kerja dan material. Dari faktor-faktor tersebut dapat diidentifikasi sumber dan akar penyebab kecacatan, sehingga dapat digambarkan pada diagram sebab akibat berikut :

4.2.3.2.1 Diagram *Fishbone* Untuk Pakan Rangkap



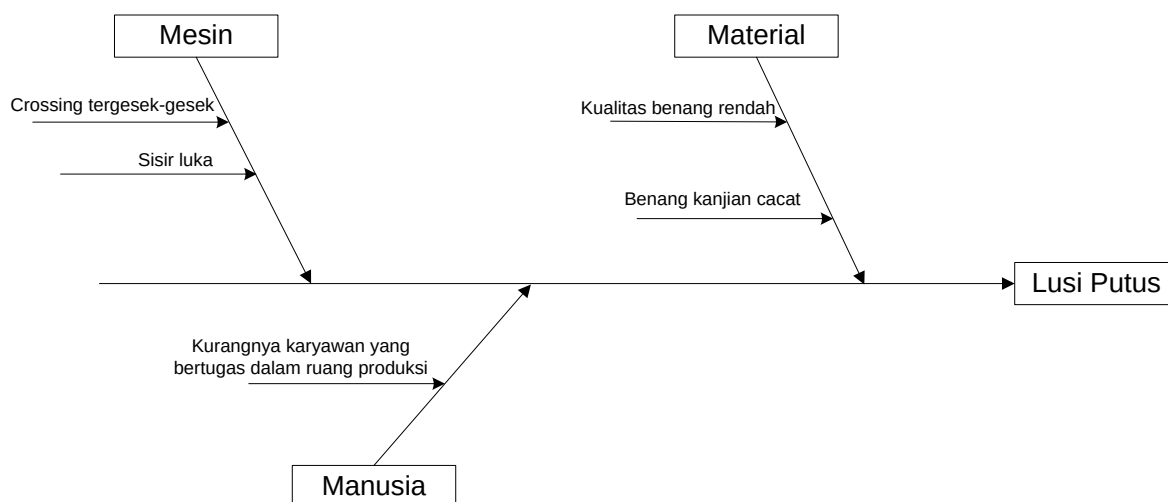
Gambar 4.18 Diagram *Fishbone* Jenis Cacat Pakan Rangkap

Penyebab khas yang menimbulkan jenis cacat ini antara lain adalah gunting pada *remple cutter* kurang baik (tumpul) dan adanya sensor pada *barcon* yang kurang sensitif. Berikut penjelasan faktor penyebab munculnya jenis cacat pakan rangkap berdasarkan gambar 4.18 :

- Kategori Manusia dikarenakan kondisi fisik karyawan yang tidak baik yaitu tidak fokus. Dikarenakan harus mengawasi beberapa mesin *loom* mengakibatkan operator letih dan tidak fokus. Selain itu proses *loom* yang cepat sehingga banyak operator tidak teliti.
- Kategori Material dikarenakan oleh 2 penyebab yaitu : *pallet* benang rangkap dobel dan pakan putus kemudian dilakukan penyambungan namun pakan yang sebelumnya tidak diambil.

- c. Kategori Mesin dikarenakan kondisi mesin yang sudah tua sehingga banyak komponen mesin sering tidak berfungsi dengan baik seperti : gunting pada kondisi tumpul sehingga benang sisa ikut teranyam, *sparepart Barcon* terlambat diterima menyebabkan kekurangan stok. Stok *Barcon* yang sudah rusak menjadi terlambat, sehingga mesin *Shuttle Loom* tidak dapat mendeteksi kekosongan material *pallet* dan terus beroperasi. Dalam hal ini, dapat dikatakan pula kondisi mesin menjadi bermasalah.

4.2.3.2.2 Diagram *Fishbone* Untuk Lusi Putus



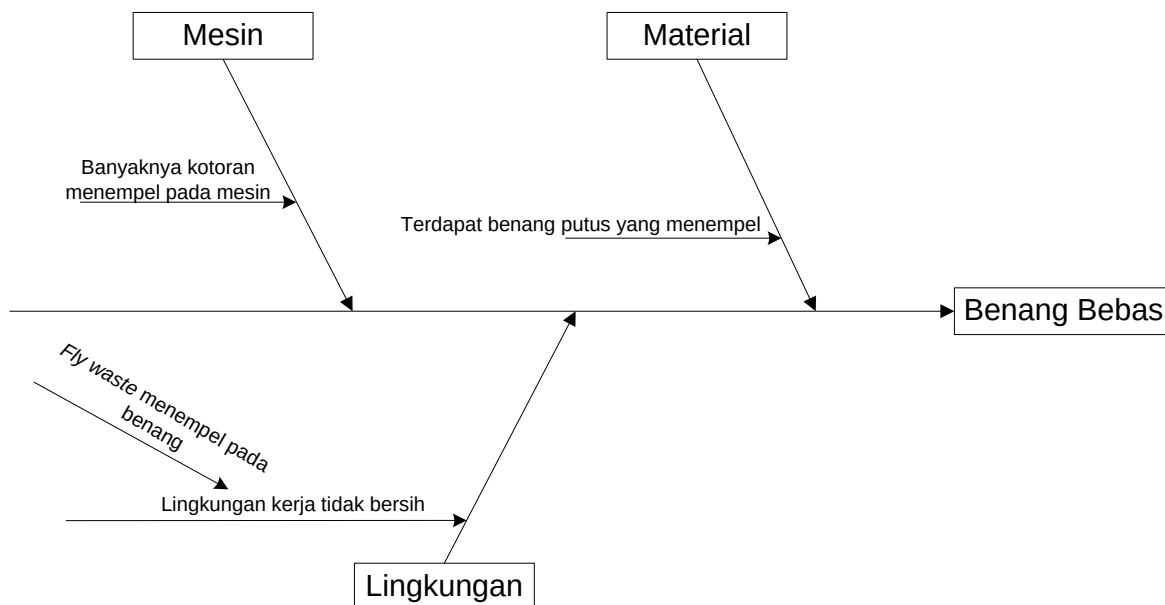
Gambar 4.19 Diagram *Fishbone* Untuk Jenis Cacat Lusi Putus

Penyebab khas yang menimbulkan jenis cacat ini antara lain adalah benang kanjian cacat, sisir luka dan *crossing* tergesek-gesek. Berikut penjelasan faktor penyebab munculnya jenis cacat lusi putus berdasarkan gambar 4.19 :

- Kategori Manusia karena kurangnya karyawan yang berada pada ruang produksi sehingga pengawasan menjadi berkurang.
- Kategori Material karena pada proses pengkanjian, campuran kanji kurang bagus sehingga mempengaruhi benang, menghasilkan benang yang tidak sama tebalnya sehingga lusi mudah putus. Selain itu, kualitas benang dari proses *spinning* memang kurang baik.
- Kategori Mesin karena *crossing* antara benang lusi dengan teropong yang sedang meluncur tergesek-gesek pada lusi yang tegangannya terlalu tinggi. Selain itu sisir

sedikit bengkok merupakan sisir yang luka menyebabkan lusi tergesek sisir dan putus.

4.2.3.2.3 Diagram *Fishbone* Untuk Benang Bebas



Gambar 4.20 Diagram *Fishbone* Jenis Cacat Benang Bebas

Penyebab khas yang menimbulkan jenis cacat ini antara lain adalah sisa benang yang masih tertinggal dari proses sebelumnya, *sparepart* kotor dan lingkungan kerja yang tidak bersih. Berikut penjelasan faktor penyebab munculnya jenis cacat benang bebas berdasarkan gambar 4.20 :

- Kategori Material : Produksi kain yang terus menerus menyebabkan banyaknya kendala-kendala yang terjadi. Seperti benang pakan sisa maupun benang putus yang masih menempel pada benang, sehingga pada saat proses produksi benang tersebut teranyam.
- Kategori Mesin : Jadwal pembersihan yang kurang rutin menyebabkan terdapat benang-benang sisa yang menempel pada *sparepart* yang kadang teranyam pada saat mesin berproduksi.
- Kategori Lingkungan : Alat pembersih yang kurang mendukung menyebabkan kondisi lingkungan kerja tidak bersih, sehingga banyak sekali kotoran (*fly waste*) menempel di benang lusi dan teranyam saat proses tenun berlangsung.

4.2.3.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dihasilkan melalui hasil analisis dari diagram *fishbone* yang dinilai berdasarkan *interview* pada bagian produksi. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ini digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kegagalan yang terjadi dan mengurutkan kegagalan tersebut berdasarkan nilai RPN paling tinggi harus diperbaiki terlebih dahulu.

Tabel 4.11 Penilaian *Failure Mode and Effect Analysis*

Penyebab Permasalahan	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	S	<i>Causes</i>	O	<i>Controls</i>	D	RPN
Material	Benang lusi putus gubel, benang pakan putus, benang hasil kanjian tidak baik	Mesin berhenti, benang lengket, benang mudah putus dan tidak rata	5	Kualitas kanjian benang tidak baik, komposisi kanjian tidak tepat, eror pada mesin kanji	6	Pada tahap pengkanjian sebaiknya dilakukan pemeriksaan benang yang akan dimasak dan mengecek campuran kanjian, melakukan pengecekan terhadap benang yang telah dikanji	7	210
Mesin	Komponen mesin tidak berfungsi dengan baik	Pakan rangkap, benang putus, lusi doble	5	Sensor barcon kurang sensitif, gunting tumpul, sisir luka	7	Mengganti komponen yang rusak dan melakukan perawatan/pengecekan mesin secara berkala terhadap komponen mesin	7	245
	<i>Sparepart</i> rusak, kotor dan terdapat sisa benang	Benang pakan kotor, hasil kain jadi kotor,	6	Kleting yang sudah cacat, mesin kotor	6	Melakukan pembersihan lingkungan kerja setelah proses	5	180

Penyebab Permasalahan	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	S	<i>Causes</i>	O	<i>Controls</i>	D	RPN
	dari proses sebelumnya	terdapat pecahan sparepart pada kain		dari proses sebelumnya, oli yang tercecer		weaving selesai, pemilahan kleting yang sudah tidak layak pakai		
Manusia	Karyawan kurang terampil dan kurang menguasai bidang pekerjaannya	Mengakibatkan produk cacat	5	Kurangnya pelatihan pada karyawan	5	Melakukan pengawasan oleh supervisor ditingkatkan, mengevaluasi, mengadakan pelatihan, pembinaan, dan peningkatan motivasi terhadap karyawan	5	125

Berdasarkan tabel FMEA diatas dengan diketahui jumlah nilai RPN, Nilai RPN dapat digunakan sebagai panduan untuk mengetahui masalah yang paling serius, dengan indikasi angka yang paling tinggi memerlukan prioritas penanganan yang serius.

Tabel 4.12 Tabel FMEA dengan Prioritas Tindakan

No.	Penyebab Permasalahan	<i>Failure Mode</i>	S	O	D	RPN	Kategori
1	Mesin	Komponen mesin tidak berfungsi dengan baik	5	7	7	245	L-M
2	Material	Benang lusi putus gubel, benang pakan putus, benang hasil kanjian tidak baik	5	6	7	210	L-M
3	Mesin	<i>Sparepart</i> rusak, kotor dan	6	6	5	180	L-M

		terdapat sisa benang dari proses sebelumnya					
4	Manusia	Karyawan kurang terampil dan kurang menguasai bidang pekerjaannya	5	5	5	125	L

4.2.4 Tahap *Improve*

Tahap *improve* berkaitan dengan penentuan dan implementasi solusi-solusi berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan secara menyeluruh pada tahap sebelumnya. Perbaikan dilakukan secara menyeluruh pada setiap penyebab terjadinya masalah yaitu terjadinya produk gagal.

4.2.4.1 Usulan Perbaikan dengan Metode 5W + 2H

Setelah mengidentifikasi pemborosan, maka perlu 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 pada perusahaan. Adapun tindakan menggunakan 5W + 2H adalah sebagai berikut :

1. *Why?* (Mengapa rencana tindakan itu perlu diselesaikan)?

Rencana tindakan perlu diselesaikan agar tidak banyak terjadi lagi cacat pakan rangkap, lusi putus dan benang bebas pada saat proses produksi yang disebabkan karena sensor *barcon* kurang sensitif dan gunting tumpul yang menyebabkan terjadinya pakan rangkap, sisir luka atau bengkok yang dapat menyebabkan lusi putus dan campuran kanjian yang tidak baik sehingga menyebabkan lusi tebal tipis dan tidak kuat, lingkungan kerja yang tidak bersih sehingga kotoran/sisa benang putus masih tertinggal pada mesin maupun di ruang produksi. Kurangnya tenaga kerja yang bertugas di ruang produksi menyebabkan karyawan harus *mondar-mandir* untuk melakukan pengecekan pada mesin yang mati.

2. *What?* (Apa masalah yang menjadi faktor utama dan penyebab terjadinya kecacatan produk)?

Yang menjadi faktor utama dari kecacatan produk adalah pada cacat pakan rangkap. Penyebab terjadinya kecacatan pakan rangkap ini terjadi pada faktor mesin, manusia dan material. Serta kurangnya karyawan yang ada pada ruang proses produksi.

3. *Where?* (Dimana rencana tindakan itu akan dilaksanakan)?

Rencana tindakan ini akan dilaksanakan di ruang produksi dimana tempat kain tersebut ditenun.

4. *When?* (Kapan rencana itu akan dilaksanakan)?

Rencana tindakan itu akan langsung dilakukan setelah melalui revisi dan mengetahui banyaknya tingkat keparahan cacat tersebut. Biasanya setelah mengetahui adanya cacat pada produk dan jumlahnya banyak maka kain tersebut akan digolongkan sesuai banyaknya cacat.

5. *Who?* (Siapa penanggung jawab untuk rencana tindakan tersebut)?

Penanggung jawab pada setiap proses adalah operator dan mekanik yang telah mempunyai tugas untuk mengawasi jalannya mesin sesuai dengan SOP yang sudah ada.

6. *How?* (Bagaimana langkah penyelesaian yang akan dilakukan)?

Langkah penyelesaian utamanya pada mesin yakni melakukan pengecekan dan perawatan mesin setidaknya satu bulan sekali dan mengganti komponen mesin yang sudah aus mengingat mesin produksi berjalan selama 24 jam. Pada material supaya lebih memperhatikan campuran kanjian agar menghasilkan benang yang kuat dan tidak mudah putus. Pada manusia yakni dengan memberikan pelatihan dan arahan kepada operator sebelum memasuki ruang produksi serta saling memberikan motivasi kerja kepada operator dan bonus bagi operator yang memiliki kinerja yang baik.

7. *How Much?* (Berapa biaya penyelesaian yang dilakukan)?

Biaya untuk perawatan mesin jika mengganti komponen mesin yang sudah aus atau tidak berfungsi dengan baik adalah sebesar Rp 300.000 sedangkan biaya untuk dilakukan training bagi para karyawan/operator adalah sebesar Rp 500.000, serta pemberian bonus bagi karyawan yang memiliki kinerja yang baik sebesar Rp. 750.000 pertahun

4.2.5 Tahap *Control* (Pengawasan)

Tahap *Control* atau pengawasan merupakan tahap operasional yang terakhir dalam upaya peningkatan kualitas dengan menggunakan metode *six sigma*. Sesuai dengan analisa yang telah dilakukan, maka pengawasan untuk usulan perbaikan adalah :

1. Memperketat pengawasan terhadap penanganan material agar dapat menurunkan tingkat kecacatan produk
2. Agar material yang menjadi bahan baku memiliki kualitas yang baik, perusahaan dapat memeriksa kembali evaluasi *supplier* yang telah didokumentasi. Sehingga dari bahan baku *supplier* tersebut dapat dijadikan sebagai masukan bagi perusahaan untuk mengetahui kemampuan *supplier* dalam memasok bahan baku yang sesuai dengan harapan perusahaan.
3. Membuat lembar *maintenance periodic check* pada tiap mesin.
4. Melakukan pengawasan karyawan bagian produksi agar mutu kain yang dihasilkan lebih baik.
5. Total produk cacat dalam periode satu bulan dicantumkan dalam dokumentasi bulanan dan dilakukan evaluasi agar cacat dapat berkurang setiap bulannya.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Tahap *Define*

PT. Primissima merupakan pabrik tekstil dengan sistem produksi *make to order*, dimana proses produksi dilakukan berdasarkan jumlah permintaan atau pesanan konsumen. Dalam upaya mempertahankan kepercayaan konsumen dan tetap berjaya didunia tekstil walaupun semakin banyak saingan yang ada, PT Primissima selalu berusaha keras untuk mengutamakan kualitas produknya. Berbagai cara dilakukan, salah satunya 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 divapai perusahaan adalah dapat mengurangi tingkat produk cacat, sehingga dapat memberikan produk kepada pelanggan dengan kualitas yang terbaik.

Aktivitas proses PT. Primissima dapat dilihat dari diagram SIPOC (*Supplier – Input – Process - Output – Customer*). Diagram SIPOC memperlihatkan dari bahan baku utama datang dari berbagai negara lalu diproses menjadi kapas dan diproses menjadi benang, setelah itu proses dilanjutkan untuk pembuatan kain. Namun, sebelum ditenun menjadi kain, benang dibedakan menjadi dua, yaitu benang pakan dan benang lusi. Benang lusi melalui proses pengkanjian ditujukan agar kuat dan tidak mudah putus. Kemudian benang telah siap untuk proses penenunan menjadi kain. Setelah kain jadi pasti akan melalui proses inspeksi agar mengetahui kain ini berada pada grade yang telah ditentukan. Kain yang sudah dikelompokkan berdasarkan *grade* akan sampai ditangan konsumen yang telah memesan. Diagram *Operation Process Chart* merupakan diagram proses dari pembuatan kain yang prosesnya telah dijelaskan.

5.2 Tahap *Measure*

5.2.1 Penentuan *Critical to Quality (CTQ)*

Pada penelitian ini, membahas tentang produksi pada divisi *Grey Finishing*. PT Prissima memproduksi kain *grey* dan *cambrige* (kain putih/mori), namun pada penelitian ini hanya kain jenis *grey* saja yang diamati. Produk kain *grey* pada mesin *shuttle loom* yang diproduksi adalah jenis kain PS217, PS219, PS430, PS409, PS420 dan PS421. Kain yang diamati pada penelitian ini adalah kain jenis PS217 yang merupakan kain yang paling sering dipesan dan banyak terjadi cacat. Pada bulan Agustus 2014 PT Prissima memproduksi kain jenis PS217 sebanyak 1109 dengan jumlah cacat 200. Penetapan CTQ pada produk kain jenis PS217 didasarkan pada jumlah cacat terbesar pada setiap jenis cacat pada bulan Agustus 2014 yang terdapat pada tabel 4.3. Dari data jumlah jenis cacat pada pengolahan data didapatkan 3 jenis cacat terbesar yang terdapat pada tabel 4.3 Karakteristik dari cacat tersebut meliputi :

- a. Pakan rangkap sebesar 32,39%. Cacat ini terdapat pada bagian pentenunan. Cacat ini dapat terjadi ketika mesin berhenti karena terdapat pakan yang putus, namun ketika sudah diperbaiki pakan yang sebelumnya tidak diambil.
- b. Lusi putus sebesar 17,51%. Cacat ini dapat terjadi karena pada proses pengkanjian, kurang meratanya cairan kanji pada lusi mengakibatkan tidak ratanya ketebalan benang.
- c. Benang bebas sebesar 14,01%. Cacat ini dapat terjadi karena benang yang tidak ada kaitannya dengan proses produksi terbang masuk ke dalam anyaman.

5.2.2 Hasil Tingkat Ketidaksesuaian dan Uji Kendali Produk

Dari hasil pengolahan data pada bab sebelumnya untuk data atribut menggunakan peta kontrol p pada proses produksi kain jenis PS217. Hasil dari perhitungan tingkat rata-rata proporsi cacat tersebut masih berada dalam batas kendali yaitu batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). Sehingga dari hasil peta kendali p pada proses produksi kain jenis PS217 periode bulan Agustus 2014, dapat diketahui bahwa data-data dalam keadaan terkendali, walaupun ada beberapa titik yang hampir keluar batas kendali.

Sedangkan untuk data variabel *unevenness* dan kualitas benang menggunakan peta kontrol $\bar{X}$ dan R. Didapatkan bahwa tingkat rata-rata *range* dan rata-rata $\bar{X}$ masih dalam batas kendali antara yaitu batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). Sehingga dari hasil peta kendali $\bar{X}$ dan R pada variabel kualitas benang dan *unevenness* periode bulan Agustus 2014, dapat diketahui bahwa rata-rata dalam keadaan terkendali.

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

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

Pada proses produksi kain jenis PS217 periode bulan Agustus 2014 didapatkan dari hasil pengolahan data bahwa rata-rata kesempatan untuk gagal adalah sebesar 63148,26 atau dibulatkan menjadi 63.148 produk yang dapat diartikan bahwa dari satu juta kali kesempatan yang ada, kemungkinan akan ada kegagalan sebesar 63.148 produk kain jenis PS217 atau berada pada tingkat sigma 3,10. Hal ini tingkat sigma pada proses produksi kain PS217 masih berada dibawah ukuran proses pada 6 sigma.

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

Pada spesifikasi kualitas benang benang diketahui bahwa rata-rata kesempatan untuk gagal adalah sebesar 109.900 kegagalan per satu juta kesempatan atau berada pada tingkat sigma 2,72 atau yang artinya rata-rata industri perusahaan Indonesia. Hal ini tingkat sigma tersebut masih berada jauh dibawah ukuran 6 sigma.

Pada spesifikasi variabel *unevenness* diketahui bahwa rata-rata kesempatan untuk gagal adalah sebesar 13.873 kegagalan per sejuta kesempatan atau berada pada tingkat sigma 3,70 atau yang artinya rata-rata industri perusahaan Indonesia. Hal ini tingkat sigma tersebut masih berada jauh dibawah ukuran 6 sigma.

Kesimpulan dari analisa DPMO dan tingkat sigma tersebut bahwa nilai DPMO masih cukup tinggi sedangkan hasil tingkat sigma yang dikonversikan pada tabel

rendah. Hasil nilai DPMO data variabel lebih besar dibandingkan dengan data atribut, sedangkan untuk tingkat sigma data variabel lebih kecil dibandingkan dengan data atribut.

5.3 Tahap Analyze

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 kualitas benang didapatkan nilai maksimum S_{max} adalah 22,058 dan untuk batas pengendali atas (BPA) sebesar 593,088, sedangkan batas pengendali bawah (BPB) sebesar 526,913. Dari hasil peta kendali X-bar pada kualitas benang berdasarkan konsep Six Sigma Motorola periode bulan Agustus 2014, dapat dilihat bahwa grafik yang ditunjukkan terkendali tidak ada titik yang keluar dari batas pengendali atas maupun batas pengendali bawah. Hal ini berarti bahwa data-data yang ada stabil dan dapat dilanjutkan untuk menghitung kapabilitas proses.

Dari hasil pengolahan data stabilitas *unevenness* didapatkan nilai maksimum S_{max} adalah 0,127 dan untuk batas pengendali atas (BPA) sebesar 15,1905. Dari hasil peta kendali X-bar pada *unevenness* berdasarkan konsep Six Sigma Motorola periode bulan Agustus 2014, dapat dilihat bahwa grafik yang ditunjukkan terkendali tidak ada titik yang keluar dari batas pengendali atas. Hal ini berarti bahwa data-data yang ada stabil dan dapat dilanjutkan untuk menghitung kapabilitas proses.

5.3.2 Analisa Kapabilitas Proses

Hasil indeks kapabilitas yang dihasilkan pada perhitungan sebelumnya adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil Indeks Kapabilitas Proses

Variabel	Stabilitas	Cpm	Cpmk	Spesifikasi
Kualitas Benang	Stabil	0,53	0,489	560 g $\pm$ 60 g
<i>Unevenness</i>	Stabil	0,27	0,387	15 % + 0,5 %

Berdasarkan tabel diatas, nilai Cpm untuk variabel kualitas benang didapatkan sebesar 0,53 dan Cpm variabel *unevenness* didapatkan sebesar 0,27 atau $Cpm < 2$, yang artinya proses dianggap belum mampu dan belum kompetitif untuk bersaing di pasar global. Sedangkan Cpmk untuk kualitas benang didapatkan sebesar 0,489 dan Cpmk untuk *unevenness* didapatkan sebesar 0,387 atau $Cpmk < 2$, maka proses dianggap belum mampu dan belum kompetitif untuk bersaing di pasar global. Karena ‘kapabilitas proses yang masih sangat kecil yang berarti bahwa proses dianggap belum mampu dan kompetitif, sehingga diperlukan perbaikan dan pengendalian yang menyangkut adanya sumber-sumber variasi umum pada sistem produksinya. Upaya yang harus dilakukan perusahaan untuk meningkatkan kapabilitas proses adalah dengan manajemen harus mengurangi variasi penyebab umum yang terjadi melalui perbaikan secara terus menerus, peningkatan kinerja yang terus menerus pada proses produksi dalam waktu jangka panjang dan melakukan program-program perbaikan yang ada.

Dari hasil perhitungan pada tahap *analyze* diketahui bahwa stabilitas proses produksi untuk kedua variabel yaitu kualitas benang dan *unevenness* berada dalam keadaan stabil, hal ini dapat dilihat dari grafik x-bar yang telah dibuat untuk masing-masing variabel dalam keadaan terkendali karena tidak ada titik-titik yang berada diluar batas pengendalian, berarti bahwa proses dalam keadaan terkendali. Selain melihat X-bar, variabel tersebut perlu diuji apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum (S_{max}), sebagai contoh variabel kualitas benang seperti dibawah ini :

Diketahui :

$$\text{Nilai Sigma} = 2,75$$

$$USL = 620 \text{ g}$$

$$LSL = 500 \text{ g}$$

$$T = 560 \text{ g}$$

$$S = 37,228$$

$$\bar{x} = 555,541 \text{ g}$$

maka nilai batas tolransi maksimum adalah :

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

$$= \left[\frac{1}{(2 \times 2,72)} \right] \times |620 - 500| = 22,058$$

$$BPA = T + 1,5 S_{\max} = 560 + 1,5 (22,058) = 593,088$$

$$BPB = T - 1,5 S_{\max} = 560 - 1,5 (22,058) = 526,913$$

1) Membuat Hipotesis

$$H_0 : \sigma^2 = (S_{\max})^2 = (22,058)^2 = 486,555$$

$$H_1 : \sigma^2 > (S_{\max})^2 = (22,058)^2 = 486,555$$

2) Harga Stastitik Penguji

$$\chi^2_{\text{hitung}} = \frac{n-1 S^2}{S_{\max}^2} = \frac{(27-1) (37,228)^2}{22,058^2} = 74,059$$

3) Menentukan besar signifikansi $\alpha = 5 \%$ dengan melihat tabel χ^2 didapat :

$$\chi^2 [0,05 ; (27-1)] = 38,885$$

4) Membandingkan χ^2 hitung dan χ^2 tabel

$$\chi^2_{\text{hitung}} = 74,059 > \chi^2_{\text{tabel}} = 38,885$$

5) Membuat keputusan :

Karena nilai $\chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{\text{tabel}}$ maka kita menolak H_0 dan menerima $H_1 = \sigma^2 > (S_{\max})^2$ yang berarti bahwa variasi target lebih besar dari variasi target lebih besar dari variasi proses serta proses dalam keadaan stabil.

5.3.3 Identifikasi Sumber dan Akar Penyebab Kecacatan

5.3.3.1 Analisis Diagram *Fishbone*

Secara umum, kecacatan produk disebabkan oleh beberapa faktor seperti manusia, mesin, material, dan lingkungan kerja. Pada PT Primissima faktor utama yang menyebabkan DPMO tinggi yaitu pada faktor material atau lebih spesifikasinya pada bahan baku. Faktor lain yang menyebabkan DPMO tinggi adalah faktor mesin dan manusia.

Material yang utama pada PT Primissima adalah kapas yang datang dari berbagai *supplier* dari negara-negara lain. Kualitas yang ada dari kapas tersebut juga berbeda-beda, sehingga penyebab inilah yang menjadi kualitas dari benang berubah-ubah. Karena diluar dari produksi kapas itupun faktor lain juga berpengaruh seperti

cuaca pada negara tersebut, cara bertanamnya dll. Masuk dalam proses pembuatan benang pun juga sering dilakukan *mixing* agar kapas yang kurang bagus masih dapat digunakan dan tidak menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Namun tentu saja perusahaan telah membedakan kelas-kelas dari benang yang kualitas terbaik hingga yang kualitas rendah. Kualitas benang ini lah yang sangat mempengaruhi hasil dari kain yang diproduksi. Selain pada proses pengkanjian, campuran kanji terkadang tidak bagus sehingga pada benang lusi hasilnya pun tidak rata. Hal ini dapat menyebabkan kurang kuatnya benang lusi, lusi tidak rata dan benang tebal tipis.

Untuk jenis cacat yang terjadi dikarenakan mesin, mesin *Shuttle loom* yang ada di PT Primissima sudah sangat lama bahkan dari perusahaan ini berdiri. Karena mesin yang digunakan sudah tua, kondisinya juga sudah tidak maksimal. Karena proses produksi dilakukan secara terus menerus, sehingga cacat dapat ditimbulkan karena terdapat kesalahan pada proses sebelumnya. Terdapat mesin yang *sparepart*-nya sudah aus, *barcon* tidak sensitif lagi, sisir yang luka (rusak/bengkok), dll. Hal ini yang menyebabkan dapat terjadinya cacat pada kain jenis PS217. Oleh karena itu seharusnya perusahaan mengupayakan adanya penggantian alat yang sudah rusak dan selalu dilakukan cek secara periodik pada mesin setiap minggunya sehingga dapat meminimalisir cacat yang disebabkan oleh mesin. Untuk jenis cacat yang disebabkan oleh manusia ialah seperti kurang telitinya tenaga kerja, kurangnya tenaga kerja yang mengawasi di ruang produksi. Kurang telitinya karyawan pada saat inspeksi karena mesin inspeksi dijalankan sangat cepat, padahal cacat-cacat yang ada sangat tipis, untuk yang belum terbiasa pasti terlewat.

Faktor lingkungan juga berpengaruh terhadap terjadinya cacat. Kurang memadainya alat kebersihan pada ruang produksi seperti kotoran, sisa benang bahkan sisa-sisa kapas tipis sering bertebangan. Selain itu sisa-sisa oli setelah perbaikan mesin juga masih ada yang bercecer dilantai. Maka perusahaan perlu menambah alat kebersihan yang ada untuk mendukung menurunkan cacat yang disebabkan oleh kurang bersihnya ruang produksi.

5.3.3.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dari tabel FMEA yang ada bab sebelumnya telah diketahui beberapa modus kegagalan yang memiliki nilai tinggi, antara lain :

a. Rangkaing 1, RPN 245

Pada tabel FMEA penyebab yang paling tinggi adalah mesin dengan moda kegagalan komponen mesin tidak berfungsi dengan baik dengan nilai RPN 245 yang masuk dalam kategori *Low-Medium*. Efek kegagalan yang ditimbulkan berupa pakan rangkap, benang pustus dan lusi *double*. Penyebab potensial yang terjadi adalah sensor barcon yang kurang sensitif, gunting yang tumpul dan luka pada sisir. Sensor barcon yang kurang sensitif dapat menyebabkan cacat karena mesin terlambat berhenti ketika benang pakan kosong, gunting yang tumpul dapat menyebabkan cacat pakan rangkap dan lusi *double* karena benang yang harusnya sudah terpotong namun mesin masih saja berjalan, sisir luka atau sisir bengkok atau tidak rata juga dapat menyebabkan lusi putus karena tergesek-gesek sisir yang tidak rata tersebut. Masalah ini memiliki nilai *severity* adalah 5 yang menunjukkan bahwa modus tersebut memiliki pengaruh yang serius namun masih dalam batas toleransi, nilai *occurence* adalah 7 menunjukkan bahwa modus kegagalan ini sangat sering terjadi dan nilai *detection* adalah 7 yang menunjukkan kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi masih tinggi.

b. Rangkaing 2, RPN 210

Pada tabel FMEA penyebab yang paling tinggi kedua adalah material dengan moda kegagalan benang lusi putus gubel, benang pakan putus dan benang hasil kanjian tidak baik dengan nilai RPN 210 yang masuk dalam kategori *Low-Medium*. Efek kegagalan yang ditimbulkan yaitu mesin berhenti ketika terdapat benang yang putus, benang lengket, benang mudah putus dan tidak rata. Penyebab potensial yang terjadi adalah komposisi kanjian yang kurang pas dapat menyebabkan benang hasil kanjian ini kurang baik sehingga berakibat lusi putus dan benang pakan putus, terjadi masalah pada mesin kanji sehingga mempengaruhi kualitas kanjian benang. Masalah ini memiliki nilai *severity* adalah 5 yang menunjukkan bahwa modus tersebut memiliki pengaruh yang serius namun masih dalam batas toleransi, nilai *occurence* adalah 6 menunjukkan bahwa modus kegagalan ini sering terjadi dan nilai *detection* adalah 7 yang menunjukkan kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi masih tinggi.

c. Rangking 3, RPN 180

Pada tabel FMEA penyebab yang paling tinggi selanjutnya adalah mesin dengan moda kegagalan sparepart rusak, kotor dan terdapat sisa benang dari proses sebelumnya dengan RPN 180 yang masuk dalam kategori *Low-Medium*. Efek kegagalan yang ditimbulkan yaitu benang pakan kotor, hasil kain jadi kotor, terdapat pecahan sparepart pada kain yang ikut teranyam. Penyebab potensial yang terjadi adalah kleting yang sudah cacat mengakibatkan pecahan dari kleting tersebut ikut teranyam, mesin kotor yang terdapat banyak serat kapas bebas dan sisa benang dari proses-proses yang sebelumnya dan ketika terdapat benang pakan jatuh yang lantai produksinya tercecer oli maka benang tersebut akan kotor. Masalah ini memiliki nilai *severity* adalah 6 yang menunjukkan bahwa modus tersebut memiliki pengaruh yang serius namun masih dalam batas toleransi, nilai *occurrence* adalah 6 menunjukkan bahwa modus kegagalan ini sering terjadi dan nilai *detection* adalah 5 yang menunjukkan kemungkinan bahwa penyebab itu tidak sering terjadi.

d. Rangking 4, RPN 125

Pada tabel FMEA penyebab yang paling tinggi selanjutnya adalah manusia dengan moda kegagalan karyawan yang kurang terampil dan kurang menguasai bidang pekerjaannya dengan nilai RPN 125 yang masuk dalam kategori *Low*. Efek kegagalan yang ditimbulkan dapat mengakibatkan adanya produk cacat. Penyebab potensial yang terjadi adalah kurangnya pelatihan karyawan menyebabkan karyawan kurang menguasai dan kurang terampil pada bidangnya terutama pada saat inspeksi. Karena kain yang diperiksa sangat banyak sehingga pada saat di mesin inspeksi melakukannya cepat sehingga cacat yang ada sering terlewat. Masalah ini memiliki nilai *severity* adalah 5 yang menunjukkan bahwa modus tersebut memiliki pengaruh yang serius namun masih dalam batas toleransi, nilai *occurrence* adalah 5 menunjukkan bahwa modus kegagalan ini sering terjadi dan nilai *detection* adalah 5 yang menunjukkan kemungkinan bahwa penyebab itu tidak sering terjadi. Maka tindakan korektif harus dilakukan dalam jangka waktu satu tahun karena pelatihan karyawan untuk mengasah keahlian karyawan diperlukan waktu yang cukup lama.

5.4 Tahap *Improve*

Tahap *improve* berkaitan dengan penentuan dan implementasi solusi-solusi berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan secara menyeluruh pada tahap sebelumnya. Perbaikan dilakukan secara menyeluruh pada setiap penyebab terjadinya masalah yaitu terjadinya produk gagal.

Dari pemborosan yang terjadi pada PT. Primissima perlu dilakukan analisa penyebab terjadinya pemborosan dan menemukan tindakan penanggulangan dengan menggunakan metode 5W+2H (*What, Why, Where, When, Who, How* dan *How much*).

Setelah dilakukan analisa dengan alat analisa 5W+2H didapatkan beberapa usulan supaya dapat menurunkan nilai DPMO yaitu melakukan pengecekan dan pemeliharaan mesin berkala secara rutin setidaknya satu bulan sekali dan mengganti komponen mesin yang sudah aus mengingat mesin produksi sudah tua dan berjalan selama 24 jam, karyawan lebih memperhatikan campuran kanjian agar menghasilkan benang yang kuat dan tidak mudah putus, memberikan pelatihan untuk mengembangkan keahlian karyawan dan arahan kepada operator sebelum memasuki ruang produksi.

5.5 Tahap *Control*

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 yang dicapai. Sesuai dengan hasil dari analisa diatas, maka kontrol untuk usulan yang diajukan ke perusahaan adalah :

1. Memperketat pengawasan terhadap penanganan material agar dapat menurunkan tingkat kecacatan produk
2. Agar material yang menjadi bahan baku memiliki kualitas yang baik, perusahaan dapat memeriksa kembali evaluasi *supplier* yang telah didokumentasi. Sehingga dari bahan baku *supplier* tersebut dapat dijadikan sebagai masukan bagi perusahaan untuk mengetahui kemampuan *supplier* dalam memasok bahan baku yang sesuai dengan harapan perusahaan.
3. Membuat lembar *maintenance periodik check* pada tiap mesin.
4. Melakukan pengawasan karyawan bagian produksi agar mutu kain yang dihasilkan lebih baik.

5. Total produk cacat dalam periode satu bulan dicantumkan dalam dokumentasi bulanan dan dilakukan evaluasi agar cacat dapat berkurang setiap bulannya.

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. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di PT. Primissima pada bulan Agustus 2014 maka didapatkan sampel sebanyak 1109 *pcs* kain dengan jumlah produk cacat yang terjadi dalam produksi sebesar 200 *pcs* kain. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, produk kain jenis PS217 memiliki tingkat sigma 3,10 yang berarti bahwa perusahaan masih harus melakukan peningkatan proses produksi karena masih jauh dari pengendalian 6 sigma dengan kemungkinan kerusakan sebesar 63.148 *pcs* untuk satu juta produk (DPMO).
2. Jenis cacat terbesar yang terjadi pada bulan Agustus 2014 pada produk kain jenis PS217 yaitu pakan rangkap, lusi putus dan benang bebas disebabkan karena gunting tumpul, sensor *barcon* kurang sensitif, *crossing* tergesek-gesek, sisir luka, banyaknya kotoran pada mesin, kualitas benang rendah, benang kanjian cacat, benang pakan putus, *pallet* benang rangkap dobel, kurang telitinya karyawan, kurang fokusnya karyawan, kurangnya karyawan yang bertugas dalam ruang produksi, lingkungan kerja yang tidak bersih menyebabkan banyak *fly waste* menempel pada benang.
3. Usulan perbaikan untuk meningkatkan nilai sigma dalam upaya mengurangi kecacatan yang terjadi adalah :
 - a. Melakukan perawatan dan perbaikan mesin setiap sebulan sekali serta membuat lembar *maintenance periodic check* pada tiap mesin.

- b. Memberikan pelatihan agar dapat menambah wawasan dan keahlian karyawan.
- c. Melakukan pembersihan ruang produksi setidaknya seminggu sekali agar dapat membersihkan mesin secara total dari debu-debu hasil produksi, serta menambah alat kebersihan seperti *vacum cleaner*.
- d. Pemberian *reward* kepada karyawan yang mempunyai kinerja baik dan memberi peringatan kepada karyawan yang tidak teliti agar lebih termotivasi untuk dapat menciptakan produk yang berkualitas.
- e. Komunikasi antara pemimpin dan karyawan agar lebih ditingkatkan sehingga karyawan menjadi lebih paham dan terjalin kerja sama yang baik, seperti memberikan pengarahan dan motivasi sebelum proses produksi dilaksanakan.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada perusahaan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perbaikan terhadap jenis ketidaksesuaian sejak awal dapat langsung ditindak lanjuti untuk meminimalkan peluang ketidaksesuaian pada *output* atau produk akhir untuk meningkatkan nilai sigma secara terus menerus hingga mencapai target 6 sigma agar dapat bersaing di pasar global.
2. Perusahaan perlu mempertimbangkan untuk menggunakan metode *six sigma* agar dapat mengetahui jenis cacat yang sering terjadi dan faktor-faktor apa yang menjadi penyebabnya. Dengan demikian perusahaan dapat segera melakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi terjadinya produk cacat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari. 1990. *Manajemen Produksi*. Yogyakarta : Edisi Keempat, Jilid Kedua, BPFE.
- Ariani, Dorothea Wahyu. 2005. *Pengendalian Kualitas Statistik : Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitatif*. Jakarta : Andi.
- Assauri, Sofjan. 1998. *Manajemen Operasi dan Produksi*. Jakarta : LP FE UI.
- Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company. General Motor Corporation, Secondedition. 2001. *Potential Failure Mode And Effect Analysis (FMEA), Reference Manual*.
- Dewi, Shanti Kusuma. 2012. Minimasi Defect Produk dengan Konsep Six Sigma. *Jurnal Teknik Industri, UMM. Vol.13, No.1, Hal. 43-50, Februari*.
- Evans, James R. dan Lindsay, William M. 2007. *Pengantar Six Sigma An Introduction to Six Sigma & Process Improvement*. Jakarta : Salemba Empat.
- Feigenbaum, Armand,V. 2002. *Kendali Mutu Terpadu*. Jakarta : Edisi Ketiga, Erlangga.
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001: 2000, MBNQA, dan HACCP*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2005. *Total Quality Management*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2006. *Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach Strategi Dramatik Reduksi Biaya dan Pemborosan Menggunakan Pendekatan Lean-Sigma*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2007. *Organizational Excellence Model Strategik Menuju World Class Quality Company*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2011. *Lean Six Sigma*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Gultom, Sinurmaida, Tuti Sarma S., Sukaria S. 2013. *Studi Pengendalian Mutu dengan Menggunakan Pendekatan Lean Six Sigma pada PT. XYZ*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Harry, Mikel dan Richard, S., 2000. *Six Sigma : The Breakthrough Management Strategy Revolutioning the Worlds Top Corporations*. New York : Random House Inc.
- Harry, Supriyanto. 2004. *Proses Pembuatan Tow Dengan Pendekatan Six Sigma*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Vol. VIII, hal. 317-326, Oktober.

- Hendrardi, C.T. 2006. *Statistik Six Sigma dengan Minitab Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas*. Yogyakarta : Andi.
- Jugulum, R. dan Samuel, P. 2008. *Design For Six Sigma*. New Jersey, Jogn Wiley and Sons.
- Juran, J.M., dan Frank, M., Gyrna. 1993. *Quality Planning and Analysis*. New York : 3rd ed, McGraw-Hill.
- Kurniawan, Helmi Andang. 2014. *Pengembangan Metode Markovian-Fishbone dengan Mengintegrasikan Diagram Fishbone dan Markov Logic Network untuk Mengidentifikasi Common Cause Variation*. Yogyakarta : Teknik Industri Universitas Gajah Mada.
- Niviari, Naniek. 2008. The Lean Six Sigma, Balanced Scorecard dan Kaitannya dengan Audit Manajemen. Universitas Udayana, *Fakultas Ekonomi Vol 3 No. 1*.
- Pande, P.S., Robert P., Neuman, Roland, R., Cavanagh. 2000. *The Six Sigma Ways-How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. New York : McGraw-Hill, Inc.
- Pete dan Holpp. 2002. *What is Six Sigma*. Yogyakarta : Andi.
- Puente, Javier. 2002. *Artificial Intelligence Tools for Applying Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Spain : Universidad de Oviedo.
- Purnomo, Hari. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Puteri, Vivialita Septiani. 2012. *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Pendekatan Metode Lean Sigma Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Produk (Studi Kasus : Kaka Shoes)*. Yogyakarta : Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
- Putri, Rinella. 2009. *SIPOC Diagram, Perangkat Identifikasi Proses Six Sigma*. Quality Management Journal. November.
- Reksohardiprojo, Soekanto dan Sudarmo, Indriyo Gito. 2000. *Manajemen Produksi*. Yogyakarta : Edisi Keempat, BPFE.
- Tang, L.C., Goh, T.N., Yam, H.S., Yoap, T., 2006. *Six Sigma Advance Tools for Black Belts and Master Black Belts*. New Jersey : John Wiley and Sons.
- Wedgwood, I. 2006. *Lean Sigma : A Practitioner's Guide*. Prentice Hall.
- Widianto, Didik dan Daryanto, Bambang. 2003. *Implementasi Metodologi Six Sigma Dalam Pemasangan Key Bar pada Fabrikasi Stator Frame Generator 7FH2*. Jurnal Teknik Mesin, Vol.3, No.1, hal. 25-29, Januari.

LAMPIRAN

Lampiran A-Luas Area di bawah Kurva Normal Standar Kumulatif Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.9	0.00005	0.00005	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00003
-3.8	0.00007	0.00007	0.00007	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00005	0.00005	0.00005
-3.7	0.00011	0.00010	0.00010	0.00010	0.00009	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008
-3.6	0.00016	0.00015	0.00015	0.00014	0.00014	0.00013	0.00013	0.00012	0.00012	0.00011
-3.5	0.00023	0.00022	0.00022	0.00021	0.00020	0.00019	0.00019	0.00018	0.00017	0.00017
-3.4	0.00034	0.00032	0.00031	0.00030	0.00029	0.00028	0.00027	0.00026	0.00025	0.00024
-3.3	0.00048	0.00047	0.00045	0.00043	0.00042	0.00040	0.00039	0.00038	0.00036	0.00035
-3.2	0.00069	0.00066	0.00064	0.00062	0.00060	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.00050
-3.1	0.00097	0.00094	0.00090	0.00087	0.00084	0.00082	0.00079	0.00076	0.00074	0.00071
-3.0	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00103	0.00100
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2388	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2482	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

Lampiran B-Luas Area di bawah Kurva Normal Standar Kumulatif Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7518	0.7549
0.7	0.7580	0.7612	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99897	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997
4.0	0.99996832									
4.5	0.99999660									
5.0	0.99999971									
5.5	0.99999998									
6.0	0.99999999									

Lampiran C-Daftar Nilai Kritis untuk Distribusi Khi-Kuadrat

Tabel Distribusi χ^2

α		0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
db	1	2.70554	3.84146	5.02390	6.63489	7.87940
	2	4.60518	5.99148	7.37778	9.21035	10.59653
	3	6.25139	7.81472	9.34840	11.34488	12.83807
	4	7.77943	9.48773	11.14326	13.27670	14.86017
	5	9.23635	11.07048	12.83249	15.08632	16.74965
	6	10.64464	12.59158	14.44935	16.81187	18.54751
	7	12.01703	14.06713	16.01277	18.47532	20.27774
	8	13.36156	15.50731	17.53454	20.09016	21.95486
	9	14.68366	16.91896	19.02278	21.66605	23.58927
	10	15.98717	18.30703	20.48320	23.20929	25.18805
	11	17.27501	19.67515	21.92002	24.72502	26.75686
	12	18.54934	21.02606	23.33666	26.21696	28.29966
	13	19.81193	22.36203	24.73558	27.68818	29.81932
	14	21.06414	23.68478	26.11893	29.14116	31.31943
	15	22.30712	24.99580	27.48836	30.57795	32.80149
	16	23.54182	26.29622	28.84532	31.99986	34.26705
	17	24.76903	27.58710	30.19098	33.40872	35.71838
	18	25.98942	28.86932	31.52641	34.80524	37.15639
	19	27.20356	30.14351	32.85234	36.19077	38.58212
	20	28.41197	31.41042	34.16958	37.56627	39.99686
	21	29.61509	32.67056	35.47886	38.93223	41.40094
	22	30.81329	33.92446	36.78068	40.28945	42.79566
	23	32.00689	35.17246	38.07561	41.63833	44.18139
	24	33.19624	36.41503	39.36406	42.97978	45.55836
	25	34.38158	37.65249	40.64650	44.31401	46.92797
	26	35.56316	38.88513	41.92314	45.64164	48.28978
	27	36.74123	40.11327	43.19452	46.96284	49.64504
	28	37.91591	41.33715	44.46079	48.27817	50.99356
	29	39.08748	42.55695	45.72228	49.58783	52.33550
	30	40.25602	43.77295	46.97922	50.89218	53.67187

Lampiran D-Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.386	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.563	0,53	833.977	1,04	677.242	1,55	480.061
0,03	929.219	0,54	831.472	1,05	673.645	1,56	476.078
0,04	927.855	0,55	828.944	1,06	670.031	1,57	472.097
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	666.402	1,58	468.119
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.144
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.172
0,08	922.196	0,59	818.589	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.850	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.656	0,64	805.106	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.505
0,15	911.492	0,66	799.546	1,17	629.300	1,68	428.576
0,16	909.877	0,67	796.731	1,18	625.516	1,69	424.655
0,17	908.241	0,68	793.892	1,19	621.719	1,70	420.740
0,18	906.582	0,69	791.030	1,20	617.911	1,71	416.834
0,19	904.902	0,70	788.145	1,21	614.092	1,72	412.936
0,20	903.199	0,71	785.236	1,22	610.261	1,73	409.046
0,21	901.475	0,72	782.305	1,23	606.420	1,74	405.165
0,22	899.727	0,73	779.350	1,24	602.568	1,75	401.294
0,23	897.958	0,74	776.373	1,25	598.706	1,76	397.432
0,24	896.165	0,75	773.373	1,26	594.835	1,77	393.580
0,25	894.350	0,76	770.350	1,27	590.954	1,78	389.739
0,26	892.512	0,77	767.305	1,28	587.064	1,79	385.908
0,27	890.651	0,78	764.238	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169
0,33	878.999	0,84	745.373	1,35	559.618	1,86	359.424
0,34	876.976	0,85	742.154	1,36	555.670	1,87	355.691
0,35	874.928	0,86	738.914	1,37	551.717	1,88	351.973
0,36	872.857	0,87	735.653	1,38	547.758	1,89	348.268
0,37	870.762	0,88	732.371	1,39	543.795	1,90	344.578
0,38	868.643	0,89	729.069	1,40	539.828	1,91	340.903
0,39	866.500	0,90	725.747	1,41	535.856	1,92	337.243
0,40	864.334	0,91	722.405	1,42	531.881	1,93	333.598
0,41	862.143	0,92	719.043	1,43	527.903	1,94	329.969
0,42	859.929	0,93	715.661	1,44	523.922	1,95	326.355
0,43	857.690	0,94	712.260	1,45	519.939	1,96	322.758
0,44	855.428	0,95	708.840	1,46	515.953	1,97	319.178
0,45	853.141	0,96	705.402	1,47	511.967	1,98	315.614
0,46	850.830	0,97	701.944	1,48	507.978	1,99	312.067
0,47	848.495	0,98	698.468	1,49	503.989	2,00	308.538
0,48	846.136	0,99	694.974	1,50	500.000	2,01	305.026
0,49	843.752	1,00	691.462	1,51	496.011	2,02	301.532
0,50	841.345	1,01	687.933	1,52	492.022	2,03	298.056

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

**Lampiran D-Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola
(Lanjutan)**

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	16.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.429	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,43	26.803	3,94	7.344
2,42	178.786	2,93	76.359	3,44	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.215	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

**Lampiran D-Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola
(Lanjutan)**

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4.940	4,59	1.001	5,10	159	5,61	20
4,09	4.799	4,60	968	5,11	153	5,62	19
4,10	4.661	4,61	936	5,12	147	5,63	18
4,11	4.527	4,62	904	5,13	142	5,64	17
4,12	4.397	4,63	874	5,14	136	5,65	17
4,13	4.269	4,64	845	5,15	131	5,66	16
4,14	4.145	4,65	816	5,16	126	5,67	15
4,15	4.025	4,66	789	5,17	121	5,68	15
4,16	3.907	4,67	762	5,18	117	5,69	14
4,17	3.793	4,68	736	5,19	112	5,70	13
4,18	3.681	4,69	711	5,20	108	5,71	13
4,19	3.573	4,70	687	5,21	104	5,72	12
4,20	3.467	4,71	664	5,22	100	5,73	12
4,21	3.364	4,72	641	5,23	96	5,74	11
4,22	3.264	4,73	619	5,24	92	5,75	11
4,23	3.167	4,74	598	5,25	88	5,76	10
4,24	3.072	4,75	577	5,26	85	5,77	10
4,25	2.980	4,76	557	5,27	82	5,78	9
4,26	2.890	4,77	538	5,28	78	5,79	9
4,27	2.803	4,78	519	5,29	75	5,80	9
4,28	2.718	4,79	501	5,30	72	5,81	8
4,29	2.635	4,80	483	5,31	70	5,82	8
4,30	2.555	4,81	467	5,32	67	5,83	7
4,31	2.477	4,82	450	5,33	64	5,84	7
4,32	2.401	4,83	434	5,34	62	5,85	7
4,33	2.327	4,84	419	5,35	59	5,86	7
4,34	2.256	4,85	404	5,36	57	5,87	6
4,35	2.186	4,86	390	5,37	54	5,88	6
4,36	2.118	4,87	376	5,38	52	5,89	6
4,37	2.052	4,88	362	5,39	50	5,90	5
4,38	1.988	4,89	350	5,40	48	5,91	5
4,39	1.926	4,90	337	5,41	46	5,92	5
4,40	1.866	4,91	325	5,42	44	5,93	5
4,41	1.807	4,92	313	5,43	42	5,94	5
4,42	1.750	4,93	302	5,44	41	5,95	4
4,43	1.695	4,94	291	5,45	39	5,96	4
4,44	1.641	4,95	280	5,46	37	5,97	4
4,45	1.589	4,96	270	5,47	36	5,98	4
4,46	1.538	4,97	260	5,48	34	5,99	4
4,47	1.489	4,98	251	5,49	33	6,00	3
4,48	1.441	4,99	242	5,50	32	Catatan: Tabel konversi ini Mencakup pengeseran 1,5- sigma untuk semua nilai Z	
4,49	1.395	5,00	233	5,51	30		
4,50	1.350	5,01	224	5,52	29		
4,51	1.306	5,02	216	5,53	28		
4,52	1.264	5,03	208	5,54	27		
4,53	1.223	5,04	200	5,55	26		
4,54	1.183	5,05	193	5,56	25		
4,55	1.144	5,06	185	5,57	24		
4,56	1.107	5,07	179	5,58	23		
4,57	1.070	5,08	172	5,59	22		
4,58	1.035	5,09	165	5,60	21		

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Lampiran E-Produk Kain PS217

