

**PENGENDALIAN KUALITAS BOTOL 1L DENGAN METODE
SIX SIGMA DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI**

SKRIPSI

OLEH :

ROY JOHANNES SIHALOHO

168150054



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2019

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/7/19

Access From (repository.uma.ac.id)

**PENGENDALIAN KUALITAS BOTOL 1L DENGAN METODE
SIX SIGMA DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area**



Oleh :

ROY JOHANNES SIHALOHO

168150054

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2019**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/7/19

Access From (repository.uma.ac.id)

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN KUALITAS BOTOL 1L DENGAN METODE
SIX SIGMA DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Di Universitas Medan Area

Oleh :

ROY JOHANNES SIHALOHO

168150054

Disetujui Oleh :


Ir. H. Haniza, M.T.
Pembimbing I


Yuana Delvika, S.T., M.T
Pembimbing II

Mengetahui :


Dr. Faisal Amri Tanjung, S.ST, MT
Dekan Fakultas Teknik


Yuda Dreg Polewangi, S.T., M.T
Program Studi

Tanggal Lulus :

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaedah dan penulisan.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi yang akan dikenakan kepada saya termasuk pencabutan gelar akademik yang nanti saya dapatkan.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS/ UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ROY JOHANNES SIHALOHO
NPM : 16.815.0054
Program Studi : INDUSTRI
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Eksklusif (Non-exclusive Royalty-free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Pengendalian Kualitas Botol 1L dengan *Six Sigma* di PT. Pacific Medan Industri. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas Royalty Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta/ dan sebagai hak pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, September 2019

Yang Menyatakan



(Roy Johannes Sihaloho)

ABSTRAK

Roy Johannes Sihaloho, 168150054. “Pengendalian Kualitas Botol 1L dengan Metode Six Sigma di PT. Pacific Medan Industri”. Dibimbing oleh Ibu Ir. Hj. Haniza, M.T., dan Ibu Yuana Delvika, S.T., M.T.

PT. Pacific Medan Industri merupakan salah satu perusahaan di kota Medan yang mendapatkan Penanaman Modal Asing (PMA) dan bergerak di bidang pengolahan minyak goreng, minyak samin, *shortening*, margarin, dan kemasan botol. Berdasarkan data perusahaan, produksi botol 1L memiliki kecacatan yang cukup tinggi. Kecacatan botol 1L yang paling sering ditemukan yaitu botol pecah, botol tidak berdiri tegak (miring), botol bocor, dan warna botol tidak standart.

Penelitian ini berfokus untuk mengetahui faktor penyebab kecacatan pada botol 1L. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *six sigma* dengan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, and Control*). Setiap langkah DMAIC dilakukan dengan menganalisa dan menjaga setiap proses produksi botol 1L. Hasil penelitian ini menunjukkan jumlah cacat botol 1 L yaitu 52.604,1667 *defect permillion oportunity* (DPMO) dengan tingkat sigma 3.12. Berdasarkan diagram pareto tingkat kecacatan botol 1L yang paling dominan yaitu botol pecah (54.85%), botol tidak berdiri tegak (38.71%), Warna botol tidak standart (3.96%), dan botol bocor (2.48%).

Berdasarkan fishbone diagram (cause-effect diagram) dapat diketahui faktor penyebab kecacatan pada botol 1L. Faktor-faktornya yaitu kurangnya pengawasan terhadap bahan baku, kurang optimalnya dalam pemeliharaan mesin dan mengutamakan pengalaman operator. Sehingga dapat disarankan beberapa rekomendasi yaitu untuk meningkatkan perawatan dan kebersihan mesin, menetapkan prosedur dan instruksi kerja sesuai standart, dan memberikan pelatihan kepada operator dalam proses produksi dan pengendalian mesin produksi secara rutin dan memberikan pelatihan kepada karyawan dalam pengendalian mesin.

Kata kunci: Pengendalian kualitas, *six sigma*, DMAIC, Diagram Pareto

ABSTRACT

Roy Johannes Sihaloho. 168150054. “Quality Control of 1-Liter Bottle by Six Sigma Method at PT. Pacific Medan Industri”. Supervised by Ir. Hj. Haniza, M.T., and YuanaDelvika, S.T., M.T.

PT. Pacific Medan Industry is a company in Medan which receives Foreign Capital Investment and engaged in cooking oil processing, Saming oil, shortening, margarine, and bottle packaging. Based on the data of the company, the 1-liter bottle production has a high defective enough. The defective 1-liter bottle often occurs were broken, oblique, leaked, and nonstandard-color bottles. The research aimed to discover factors that causing the defective on the 1-liter bottle. Six Sigma method was used in the research with DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control). Then, every DMAIC phase was conducted by analyzing and maintaining every 1-liter bottle production. The result revealed that the defective quantities on the 1-liter bottle are 52,604.1667 defect per million opportunity (DPMO) with sigma level of 3.12. Moreover based on Pareto diagram, the most defective level on the 1-liter bottles were broken bottle of 54.85%; oblique bottle of 38.71%; nonstandard-color bottle of 3.96%; leaked bottle of 2.48%. Furthermore based on fishbone diagram (cause-effect diagram) showed the cause of defectives on the 1-liter bottle. They were less control in raw material, less optimally engine maintenance, and prioritizing operator experience. Thus, some recommendations in the research are to increase engine maintenance and cleanliness, to set a standard work procedure and instruction, and to give training to operators in the production process and engine production maintenance routinely, also to give training to employees in the engine control.

Keywords: Quality Control, Six Sigma, DMAIC, Pareto Diagram

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Medan Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 05 Januari 1993. Dari pasangan Ayahanda **Drs. Sargius Sihaloho, SE** dan Ibunda **Dimawarni Siringo-ringo**. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara.

Pendidikan formal penulis, dimulai dari pendidikan SD RK Budi Mulia 3 Pematang Siantar (1999 - 2005), SMP Swasta Assisi Pematang Siantar (2005 - 2008), SMA FKIP Nommensen Pematang Siantar (2008 – 2011), dan pada tahun 2014 penulis lulusan dari jurusan D-III Teknik Kimia Industri di Pendidikan Teknologi Kimia Industri (PTKI) Medan, dan tahun 2016 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan riset di PT. Pacific Medan Industri, Mabar – 2018. Demikian Riwayat Hidup Penulis.

KATA PENGANTAR

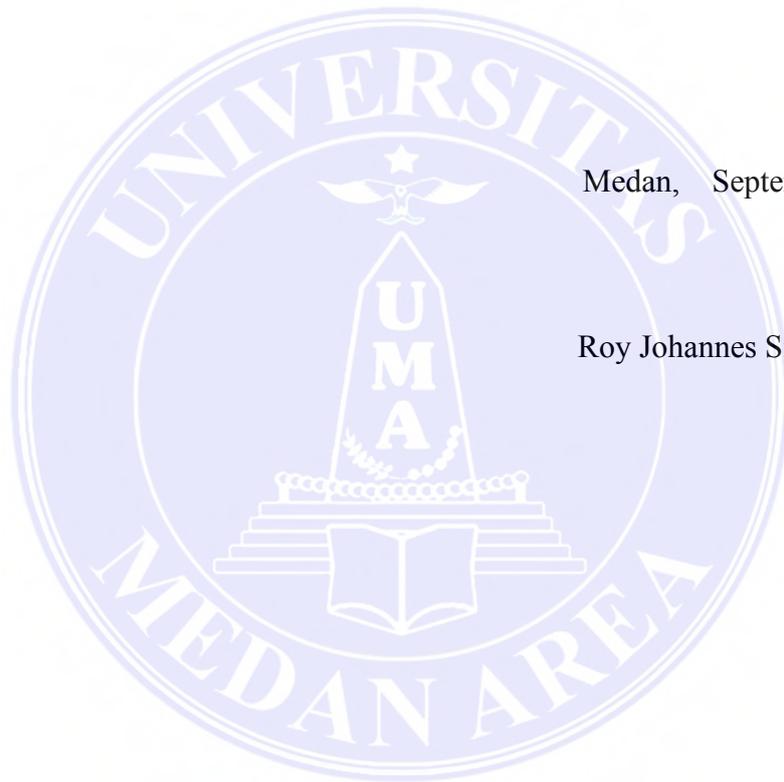
Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengendalian Kualitas Botol 1L dengan Metode Six Sigma di PT. Pacific Medan Industri.”** Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri (S-1), Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa hanya dengan kesungguhan niat serta usaha dan tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, S.ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
2. Bapak Yudi Daeng Polewangi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Hj. Haniza, M.T. selaku Dosen pembimbing I yang telah banyak memberi nasihat dan bimbingan kepada penulis sehingga selesainya tugas akhir ini.
4. Ibu Yuana Delvika, S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing II yang telah banyak memberi nasihat dan bimbingan kepada penulis sehingga selesainya tugas akhir ini.
5. Bapak Idrus selaku pembimbing lapangan PT. Pacific Medan Industri yang telah banyak membantu penulis dalam memperoleh data.
6. Seluruh Operator PET Botol di PT. Pacific Medan Industri yang telah banyak membantu dalam menjelaskan semua proses pembuatan botol.
7. Ibu saya sebagai orangtua tunggal serta kakak (Sarmanim J.E. Sihaloho), abang (Desiman Parlindungan Sihaloho), dan adik saya (Three Sebastianus Sihaloho) yang selalu memberikan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Dan terkhusus kepada Ernita Meilysa Sianturi yang telah banyak memberikan dukungan moril serta motivasi sehingga Tugas Akhir dapat selesai dengan baik.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.



Medan, September 2019

Roy Johannes Sihaloho

DAFTAR ISI

Halaman

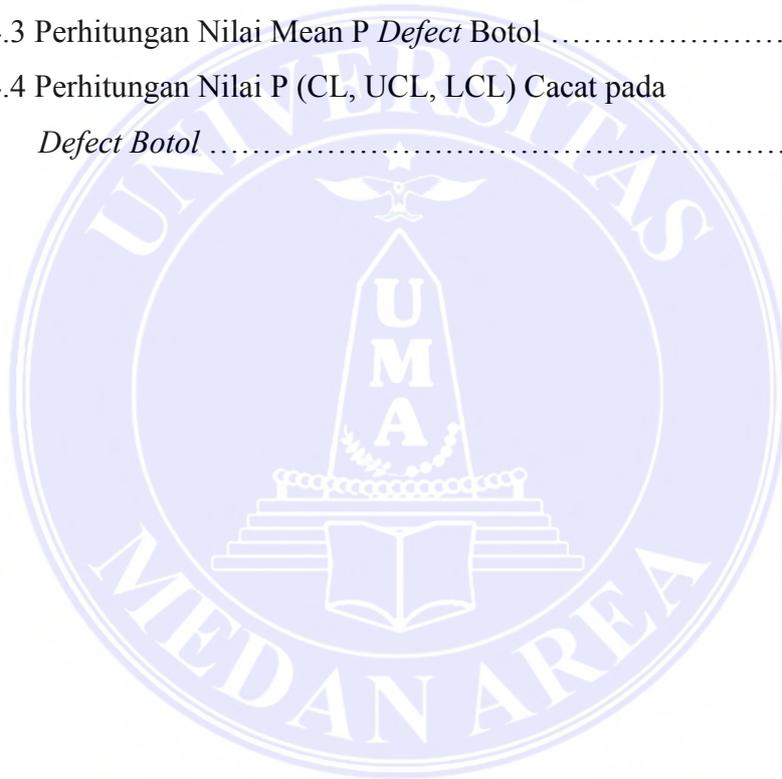
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Pemecahan Masalah	2
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Asumsi-asumsi yang digunakan	3
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kualitas	5
2.2 Pengendalian Kualitas	7
2.3 Alat Pengendalian Kualitas	9
2.4 Jenis Peta Kendali	19
2.5 <i>Six Sigma</i>	27
2.5.1 Manfaat <i>Six Sigma</i>	28
2.5.2 <i>Define</i>	28
2.5.3 <i>Measure</i>	30

2.5.3.1	Kapabilitas Proses (Cp)	30
2.5.3.2	Indeks Kapabilitas Proses (CpK)	31
2.5.4	<i>Analysis</i>	32
2.5.5	<i>Improve</i>	33
2.5.6	<i>Control</i>	33
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1	Deskripsi Perusahaan	34
3.2	Waktu Penelitian	34
3.3	Jenis Penelitian	34
3.4	Variabel Penelitian	35
3.5	Kerangka Berpikir	35
3.6	Defenisi Operasional	36
3.7	Metode Penelitian	40
3.8	Metode Pengumpulan data	43
3.8.1	Data Primer	43
3.8.2	Data Sekunder	43
3.9	Pengolahan Data	43
3.10	Kesimpulan dan Saran	44
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
4.1	Pengumpulan Data	45
4.2	Kapasitas Produksi	46
4.3	Pengolahan Data	46
4.3.1	Diagram Pareto	46
4.3.2	Tahap <i>Define</i> (Perumusan)	47
4.3.3	Tahap <i>Measure</i> (Pengukuran)	48
4.3.4	Perhitungan Nilai DPMO (<i>Defect Per Million Opportunity</i>) dan Nilai <i>Six Sigma</i>	51
4.3.5	Tahap <i>Analyze</i> (Analisis)	52

4.3.5.1	Analisa Diagram Sebab – Akibat (<i>Fishbone</i>) Kecacatan pada Botol 1L Pecah	52
4.3.5.2	Analisa Diagram Sebab – Akibat (<i>Fishbone</i>) untuk Cacat Botol Miring	54
4.3.5.3	Analisa Diagram Sebab – Akibat (<i>Fishbone</i>) untuk Warna Botol Tidak Standar	55
4.3.5.4	Analisa Diagram Sebab – Akibat (<i>Fishbone</i>) Kecacatan Botol Bocor	56
4.3.6	Tahap <i>Improve</i> (Perbaikan)	58
4.3.7	Tahap <i>Control</i> (Pengawasan)	58
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
Lampiran		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Pedoman penentuan Kelas	13
Tabel 2.2 Rekap Formulasi Peta Kendali Atribut	27
Tabel 2.3 Hubungan antara Cp dan Kapabilitas Proses	31
Tabel 4.1 Data Pengamatan Produk Cacat Botol	45
Tabel 4.2 Tabel Diagram Pareto	46
Tabel 4.3 Perhitungan Nilai Mean P <i>Defect</i> Botol	48
Tabel 4.4 Perhitungan Nilai P (CL, UCL, LCL) Cacat pada <i>Defect Botol</i>	49



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Diagram Pareto</i>	10
Gambar 2.2 <i>Fishbone Diagram</i>	12
Gambar 2.3 Histogram.....	14
Gambar 2.4 Pola Positif <i>Scatter Diagram</i>	15
Gambar 2.5 Pola Negatif <i>Scatter Diagram</i>	16
Gambar 2.6 <i>Scatter Diagram</i> Tidak Berhubungan	16
Gambar 2.7 Stratifikasi	17
Gambar 2.8 Peta Kendali	18
Gambar 2.9 Peta Kendali P	22
Gambar 2.10 Peta Kendali np	23
Gambar 2.11 Peta Kendali C	25
Gambar 2.12 Peta Kendali U	26
Gambar 2.13 Batas Atas (<i>USL</i>) dan Batas Bawah (<i>LSL</i>)	30
Gambar 2.14 Analisa dengan <i>Fishbone Diagram</i>	32
Gambar 3.1 Kerangka Berpikir	35
Gambar 3.2 Diagram Blok Metodologi Penelitian	42
Gambar 4.1 Grafik Diagram Pareto	47
Gambar 4.2 Grafik Peta <i>Control P</i> pada <i>Defect Botol</i>	50
Gambar 4.3 <i>Fishbone Diagram Out of Control</i> dari Peta <i>Control P</i>	51
Gambar 4.4 <i>Fishbone Diagram Botol Pecah</i>	53
Gambar 4.5 <i>Fishbone Diagram Botol Miring</i>	54
Gambar 4.6 <i>Fishbone Diagram Warna Botol Tidak Standar</i>	56
Gambar 4.7 <i>Fishbone Diagram Botol 1L Bocor</i>	57

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Struktur Organisasi PT. Pacific Medan Industri	L1
Lampiran 2. <i>Flowchart</i> Pembuatan Botol 1L	L2
Lampiran 3. Perawatan Mesin SIPA	L3
Lampiran 4. <i>Layout</i> PT. Pacific Medan Industri	L4
Lampiran 5. Konversi DPMO ke Nilai <i>Six Sigma</i>	L5



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

PT. Pacific Medan Industri merupakan salah satu perusahaan di kota Medan yang mendapatkan Penanaman Modal Asing (PMA) dan bergerak di bidang pengolahan minyak goreng, minyak samin, *shortening*, margarin, dan kemasan botol. PT. Pacific Medan Industri yang berdiri dan beroperasi sejak tahun 1998 selalu berkomitmen untuk bisa memenuhi harapan dan kebutuhan semua pelanggan dalam menghasilkan produk-produk yang memiliki kualitas tinggi dan aman. PT. Pacific Medan Industri memiliki struktur Organisasi yang sudah terorganisir. Struktur organisasi PT. Pacific Medan Industri dapat dilihat pada lampiran 1.

Seluruh proses produksi PT. Pacific Medan Industri dijalankan menggunakan sistem manufacturing yang sangat modern dan didukung oleh sumber daya manusia yang aktif, handal dan profesional melalui penerapan dan pengaplikasian sistem manajemen kualitas ISO 9001:2008, ISO 22000:2005 dan sertifikasi HACCP. Proses pembuatan botol 1L dapat dilihat pada lampiran 2.

Namun dalam pengendalian kualitas produk tersebut, masih terdapat produk cacat diluar SOP perusahaan. Sebagai contoh, dalam proses produksi pengolahan minyak goreng, PT. Pacific Medan Industri turut memproduksi botol 1L sebagai media pengemasannya. Pada proses pembuatan botol tersebut seringkali ditemukan botol yang cacat. Botol cacat dibagi menjadi empat tipe yaitu botol pecah, botol berdiri miring, botol bocor dan warna botol tidak standar. Untuk itu Departemen *Quality Control* PT. Pacific Medan Industri bertugas dalam mengendalikan kualitas yang sesuai dengan SNI dan SOP Perusahaan.

Metode *six sigma* bertujuan untuk menemukan faktor-faktor penyebab kecacatan, waktu siklus dan biaya operasi, meningkatkan produktivitas, memenuhi kebutuhan pelanggan dengan lebih baik serta mendapatkan hasil atas investasi yang lebih baik dari segi produktivitas maupun pelayanan. *Six sigma*

merupakan alat penting bagi manajemen *quality control* dan manajemen produksi untuk mencapai target kualitas menuju *zero defect*. Produksi botol 1 L mempunyai target per harinya 150.000 botol. Kecacatan pada botol sering dijumpai pada saat *start up* mesin dan kesalahan dalam *blending* material. Start up mesin Sipa yang paling berpengaruh terhadap jumlah kecacatan botol 1L. Perawatan mesin SIPA dapat dilihat pada lampiran 3.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi pengendalian kualitas produk botol 1L pada PT. Pacific Medan Industri dengan menggunakan pendekatan metode *six sigma*.
2. Bagaimana pengaruh jumlah produk cacat dengan jumlah produksi botol 1L pada PT. Pacific Medan Industri.
3. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya produk cacat botol 1L pada PT. Pacific Medan Industri.

1.3. Tujuan Pemecahan Masalah

Adapun pemecahan masalah pada PT. Pacific Medan Industri adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengimplementasian pengendalian kualitas produk botol 1L pada PT. Pacific Medan Industri dengan menggunakan pendekatan metode *six sigma*.
2. Mengetahui pengaruh jumlah produk cacat terhadap jumlah produksi botol 1L pada PT. Pacific Medan Industri.
3. Mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya produk cacat botol 1L pada PT. Pacific Medan Industri.

1.4. Pembatasan Masalah

Dalam penyelesaian masalah di atas, dilakukan pembatasan masalah agar tujuan dari pembahasan lebih terarah dan menghindari penyimpangan dari maksud yang sebenarnya.

Adapun batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Objek pengamatan adalah kualitas produk botol 1L pada PT. Pacific Medan Industri.
2. Periode pengamatan empat bulan terakhir.
3. Analisis pengendalian kualitas produk botol 1L dilakukan dengan menggunakan metode *six sigma*.

1.5. Asumsi asumsi yang digunakan

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam pembahasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Metode kerja pada saat penelitian tidak berubah dan sudah standar.
2. Lingkungan pabrik dalam keadaan normal dan stabil.
3. Keadaan mesin dan perlengkapan yang digunakan cukup baik.
4. Tidak ada perubahan pada prosedur pengendalian kualitas selama dilakukan penelitian.
5. Keseluruhan data yang diperoleh dari perusahaan maupun sumber lainnya dianggap benar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kualitas

Pengertian kualitas mempunyai cakupan yang cukup luas, relatif, berbeda-beda serta dapat berubah-ubah. Kualitas adalah tingkat baik atau buruknya suatu produk yang dihasilkan apakah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumen. Ada tiga konteks pendekatan mengenai kualitas, pertama yaitu kualitas berbasis pengguna dalam arti bahwa kualitas tergantung pada konsumennya. Kedua, kualitas berbasis manufaktur yang umumnya diterapkan oleh manajer produksi. Dan yang ketiga, kualitas berbasis produk yang memandang bahwa kualitas sebagai variabel yang tepat dan dapat dihitung.

Menurut Feigenbaum A.V (1992) ada beberapa faktor mendasar yang mempengaruhi kualitas suatu produk atau jasa, yaitu:

1. *Man* (Manusia)

Peranan manusia atau karyawan yang bertugas dalam perusahaan akan sangat mempengaruhi secara langsung terhadap baik buruknya mutu dari produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan. Maka aspek manusia perlu mendapat perhatian yang cukup. Perhatian tersebut dengan mengadakan latihan-latihan, pemberian motivasi, pemberian Jamsostek, kesejahteraan, dan lain-lain.

2. *Machine and Equipment* (mesin dan peralatan)

Mesin serta peralatan yang digunakan dalam proses produksi akan mempengaruhi terhadap mutu produk yang dihasilkan perusahaan. Peralatan yang kurang lengkap serta mesin yang sudah kuno dan tidak ekonomis akan menyebabkan rendahnya mutu dan produk yang dihasilkan, serta tingkat efisiensi yang rendah. Akibatnya biaya produksi menjadi tinggi, sedangkan produk yang dihasilkan kemungkinan tidak akan laku dipasarkan. Hal ini akan mengakibatkan perusahaan tidak dapat bersaing dengan

perusahaan lain yang sejenis, yang menggunakan mesin dan peralatan yang otomatis.

3. Material (Bahan baku)

Bahan baku merupakan salah satu faktor yang sangat penting dan akan mempengaruhi terhadap mutu produk yang dihasilkan suatu perusahaan. Untuk itu pengendalian mutu bahan baku menjadi hal yang sangat penting dalam hal bahan baku, perusahaan harus memperhatikan beberapa hal antara lain: seleksi sumber dari bahan baku, pemeriksaan dokumen pembelian, pemeriksaan penerimaan bahan baku, serta penyimpanan. Hal-hal tersebut harus dilakukan dengan baik sehingga kemungkinan bahan baku yang akan digunakan untuk proses produksi berkualitas rendah dapat ditekan sekecil mungkin.

4. Manajemen

Tanggung jawab atas mutu produksi dalam perusahaan dibebankan kepada beberapa kelompok yang biasa disebut dengan Function Group. Dalam hal ini pimpinan harus melakukan koordinasi yang baik antara function group dengan bagian-bagian lainnya dalam perusahaan tersebut. Dengan adanya koordinasi tersebut maka dapat tercapai suasana kerja yang baik dan harmonis, serta menghindarkan adanya kekacauan dalam pekerjaan. Keadaan ini memungkinkan perusahaan untuk mempertahankan mutu serta meningkatkan mutu dari produk yang dihasilkan.

5. Metode Kerja

Metode kerja merupakan standart operasi perusahaan yang sudah ditentukan dengan satu tujuan. Faktor metode kerja dalam perusahaan sangat berpengaruh terhadap kualitas produk dalam perusahaan. Dengan tujuan yang sama dapat menghasilkan inovasi produk yang berkualitas dalam perusahaan.

6. Uang (*Money*)

Perusahaan harus menyediakan uang yang cukup untuk mempertahankan atau meningkatkan mutu produknya. Misalnya: untuk perawatan dan perbaikan mesin atau peralatan produksi, perbaikan produk yang rusak, pengembangan produk, dan lain-lain.

7. *Market* (Pasar)

Jumlah produk baru dan baik yang ditawarkan di pasar terus bertumbuh pada laju yang eksplosif. Konsumen diarahkan untuk mempercayai bahwa ada sebuah produk yang dapat memenuhi hampir setiap kebutuhan. Pada masa sekarang konsumen meminta dan memperoleh produk yang lebih baik memenuhi ini. Pasar menjadi lebih besar ruang lingkungannya dan secara fungsional lebih terspesialisasi di dalam barang yang ditawarkan. Dengan bertambahnya perusahaan, pasar menjadi bersifat internasional dan mendunia. Akhirnya bisnis harus lebih fleksibel dan mampu berubah arah dengan cepat.

Mengelola kualitas membangun strategi diferensiasi, biaya rendah dan respon cepat sukses. Kualitas berperan sebagai faktor penentu keberhasilan bagi perusahaan-perusahaan. Ada tiga alasan mengapa kualitas penting bagi perusahaan:

1. Kualitas sebagai reputasi perusahaan.

Kualitas sebagai persepsi mengenai produk baru perusahaan, kebiasaan pekerjanya dan hubungan dengan bagian pemasok.

2. Keandalan produk.

Pengadilan terus berusaha menghukum perusahaan-perusahaan yang merancang, memproduksi atau mengedarkan produk atau jasa yang penggunaannya mengakibatkan kerusakan atau kecelakaan. Contohnya *consumer product safety act*.

3. Keterlibatan global.

Produk-produk perusahaan yang akan bersaing dipasar internasional harus memenuhi ekspektasi kualitas, desain dan harga secara global.

2.2. Pengendalian Kualitas

Pengendalian Kualitas merupakan suatu kegiatan untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk atau jasa yang dapat dipertahankan sesuai dengan perencanaan perusahaan. Agar pengendalian kualitas dapat terlaksana secara efektif maka diperlukan beberapa kriteria berikut ini:

1. Akurat.

Informasi mengenai pelaksanaan kegiatan harus memiliki data yang akurat. Jika data yang diperoleh tidak akurat dapat menyebabkan pengambilan tindakan yang keliru.

2. Realistis.

Secara ekonomi, biaya pelaksanaan sistem pengendalian harus lebih rendah atau sama dengan kegunaan yang diperoleh dari sistem tersebut.

Lingkup kegiatan pengendalian kualitas sangat luas, banyak hal yang menentukan atau mempengaruhi kualitas produk. Pengendalian kualitas dalam perusahaan manufaktur banyak menerapkan *zero defect*. *Zero defect* merupakan upaya dalam meminimalkan atau menolak cacat produk (*reject*). Sehingga untuk pengendalian kualitas produk meliputi 3 pendekatan yaitu:

1. Pendekatan bahan Baku

Dalam pengendalian kualitas terhadap bahan baku terdapat beberapa hal yang sebaiknya dikerjakan oleh manajemen perusahaan agar bahan baku yang diterima perusahaan dapat dijaga mutunya. Beberapa hal tersebut antara lain seleksi sumber bahan, pemeriksaan dan penerimaan bahan, serta penjagaan bahan baku perusahaan.

2. Pendekatan proses produksi

Pemilihan bahan baku yang baik dapat meningkatkan kualitas. Namun lebih baik jika dalam proses produksi memiliki jadwal inspeksi mesin secara berkala dan melakukan kegiatan pelatihan kepada operator untuk meningkatkan kualitas produk.

3. Pendekatan produk akhir

Dalam hal ini diharapkan pengendalian kualitas dapat mengumpulkan informasi tanggapan konsumen terhadap yang dihasilkan perusahaan. Informasi dari konsumen dapat mengetahui kekurangan kualitas produk yang ada dalam perusahaan. Sehingga informasi dari konsumen dapat menjadi tolak ukur produk perusahaan di pasar masyarakat. Dan informasi konsumen dapat mengembangkan kualitas produk perusahaan.

Berdasarkan jenis data yang digunakan pengendalian kualitas terbagi dua yaitu pengendalian kualitas untuk data variabel dan pengendalian kualitas untuk data atribut.

2.3. Alat Pengendalian Kualitas

Alat pengendalian kualitas merupakan dasar yang digunakan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi oleh produksi, terutama pada permasalahan yang berkaitan dengan kualitas. Ada tujuh alat pengendalian kualitas dalam *manufacturing* yaitu:

1. Check Sheet

Check Sheet atau lembar periksa merupakan alat pengumpul dan penganalisis data yang disajikan dalam bentuk tabel yang berisi data jumlah barang yang diproduksi dan jenis ketidaksesuaian beserta dengan jumlah yang dihasilkannya. Tujuan digunakannya check sheet ini adalah untuk mempermudah proses pengumpulan data dan analisis, serta untuk mengetahui area permasalahan berdasarkan frekuensi dari jenis atau penyebab dan mengambil keputusan untuk melakukan perbaikan atau tidak. Pelaksanaannya dilakukan dengan cara mencatat frekuensi munculnya karakteristik suatu produk yang berkenaan dengan kualitasnya. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengadakan analisis masalah kualitas. Adapun manfaat dipergunakannya check sheet yaitu sebagai alat untuk :

- a. Mempermudah pengumpulan data terutama untuk mengetahui bagaimana suatu masalah terjadi.
- b. Mengumpulkan data tentang jenis masalah yang sedang terjadi.
- c. Menyusun data secara otomatis sehingga lebih mudah untuk dikumpulkan.
- d. Memisahkan antara opini dan fakta.

2. Diagram Pareto

Diagram Pareto dikembangkan oleh Vilfredo Frederigo Samoso pada akhir abad ke-19 merupakan pendekatan logic dari tahap awal pada proses perbaikan suatu situasi yang digambarkan dalam bentuk histogram yang dikenal sebagai

konsep *vital few and the trivial many* untuk mendapatkan penyebab utamanya. Diagram Pareto telah digunakan secara luas dalam kegiatan kendali mutu untuk menangani kerangka proyek; proses program; kombinasi pelatihan, proyek dan proses, sehingga sangat membantu dan memberikan kemudahan bagi para pekerja dalam meningkatkan mutu pekerjaan. Pareto chart sangat tepat digunakan jika menginginkan hal-hal seperti menentukan prioritas karena keterbatasan sumberdaya, menggunakan kearifan tim secara kolektif, menghasilkan consensus atau keputusan akhir, dan menempatkan keputusan pada data kuantitatif.

Diagram Pareto merupakan metode standar dalam pengendalian mutu untuk mendapatkan hasil maksimal atau memilih masalah-masalah utama dan lagi pula dianggap sebagai suatu pendekatan sederhana yang dapat dipahami oleh pekerja tidak terlalu terdidik, serta sebagai perangkat pemecahan dalam bidang yang cukup kompleks. Diagram Pareto merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang terpenting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi) sampai dengan yang tidak harus segera diselesaikan (ranking terendah). Selain itu, Diagram Pareto juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses, sebelum dan setelah diambil tindakan perbaikan terhadap proses.

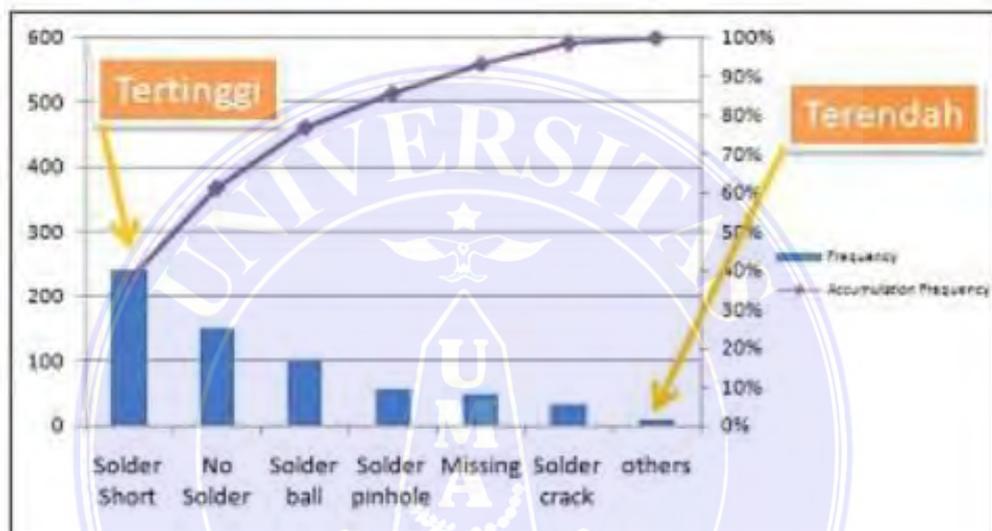
Prinsip Pareto juga dikenal sebagai aturan 80/20 dengan melakukan 20% dari pekerjaan bisa menghasilkan 80% manfaat dari pekerjaan itu. Aturan 80/20 dapat diterapkan pada hampir semua hal, seperti: 80% dari keluhan pelanggan timbul 20% dari produk atau jasa, 80% dari keterlambatan jadwal timbul 20% dari kemungkinan penyebab penundaan, 20% dari produk atau account untuk layanan, 80% dari keuntungan, 20% dari tenaga penjualan menghasilkan 80% dari pendapatan perusahaan, atau 20% dari cacat sistem penyebab 80% masalah nya.

Cara membuat diagram pareto

Ada delapan tahap yang tercakup dalam pembuatan diagram Pareto, yaitu:

1. Mengumpulkan sebanyak data yang menunjukkan sifat dan frekuensi peristiwa tersebut,

2. Menentukan kategori yang akan digunakan untuk menganalisa data tersebut,
3. Mengalokasikan frekuensi peristiwa menjadi kategori yang berbeda,
4. Menghitung frekuensi tersebut ke dalam persentase,
5. Membuat diagram batang.
6. Mengurutkan diagram batang tersebut mulai dari yang terbanyak,
7. Memeriksa dampak pareto dalam diagram batang tersebut,
8. Mengambil tindakan atau keputusan jika ada dampak *pareto* yang sangat signifikan. Berikut gambar contoh diagram *pareto*



Gambar 2.1 Diagram Pareto

Sumber: <https://ilmumanajemenindustri.com/pengertian-diagram-pareto-dan-cara-membuatnya/>

3. Cause and Effect Diagram (Fishbone Diagram)

Diagram *Cause and Effect* atau Diagram Sebab Akibat adalah alat yang membantu mengidentifikasi, memilah, dan menampilkan berbagai penyebab yang mungkin dari suatu masalah atau karakteristik kualitas tertentu. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah dengan semua faktor penyebab yang mempengaruhi masalah tersebut. Jenis diagram ini disebut diagram *fishbone* atau tulang ikan karena tampak mirip dengan tulang ikan. Diagram *fishbone* ini dapat digunakan untuk :

1. Mengenali akar penyebab masalah atau sebab mendasar dari akibat, masalah, atau kondisi tertentu.
2. Memilah dan menguraikan pengaruh timbal balik antara berbagai faktor yang mempengaruhi akibat atau proses tertentu.
3. Menganalisa masalah yang ada sehingga tindakan yang tepat dapat diambil.

Manfaat menggunakan diagram fishbone yaitu:

- a. Membantu menentukan akar penyebab masalah dengan pendekatan yang terstruktur.
- b. Mendorong kelompok untuk berpartisipasi dan memanfaatkan pengetahuan kelompok tentang proses yang dianalisis.
- c. Menunjukkan penyebab yang mungkin dari variasi atau perbedaan yang terjadi dalam suatu proses.
- d. Meningkatkan pengetahuan tentang proses yang dianalisis dengan membantu setiap orang untuk mempelajari lebih lanjut berbagai faktor kerja dan bagaimana faktor-faktor tersebut saling berhubungan.
- e. Mengenali area dimana data seharusnya dikumpulkan untuk pengkajian lebih lanjut.

Adapun cara dalam membuat *diagram cause effect (fishbone diagram)* yaitu :

1. Mulai dengan pernyataan masalah-masalah utama penting dan mendesak untuk diselesaikan.
2. Menuliskan pernyataan masalah itu pada kepala ikan, yang merupakan akibat (*effect*). Ditulis pada sisi sebelah kanan dari kertas (kepala ikan), kemudian gambarkan tulang belakang dari kiri ke kanan dan tempatkan pernyataan masalah itu dalam kotak.
3. Menuliskan faktor-faktor penyebab utama yang mempengaruhi masalah kualitas sebagai tulang besar, juga ditempatkan dalam kotak. Faktor-faktor penyebab atau kategori-kategori utama dapat dikembangkan melalui Stratifikasi ke dalam pengelompokan dari faktor-faktor: manusia, mesin, peralatan, material, metode kerja, lingkungan kerja, pengukuran, dll. Atau stratifikasi melalui langkah-langkah aktual dalam proses. Faktor –faktor penyebab atau kategori-kategori dapat dikembangkan melalui brainstorming.

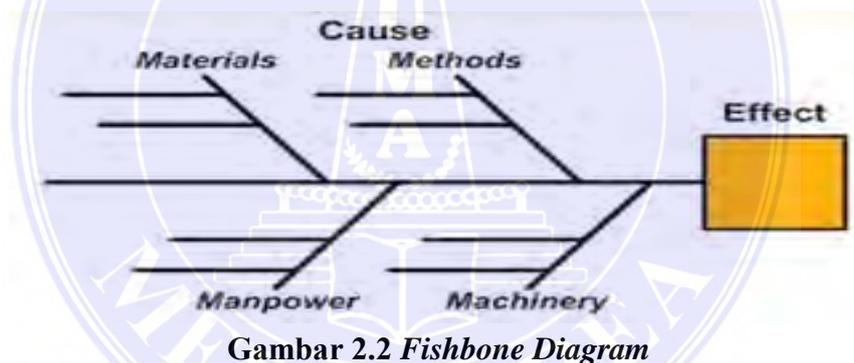
Berikut diberikan contoh yang bias dijadikan panduan untuk merumuskan faktor-faktor utama dalam mengawali pembuatan *Diagram Cause and Effect*.

4. Menuliskan penyebab-penyebab sekunder yang mempengaruhi penyebab-penyebab utama (tulang-tulang besar), serta penyebab-penyebab sekunder itu dinyatakan sebagai tulang-tulang berukuran sedang.
5. Menentukan item-item yang penting dari setiap faktor yang memiliki pengaruh nyata terhadap karakteristik kualitas.

Untuk mengetahui faktor-faktor penyebab dari suatu masalah yang sedang dikaji kita dapat mengembangkan pertanyaan-pertanyaan berikut :

- a. Apakah penyebab itu? Mengapa kondisi atau penyebab itu terjadi?
- b. Bertanya “mengapa” beberapa kali (konsep *five whys*) sampai ditemukan penyebab yang cukup spesifik untuk diambil tindakan peningkatan. Penyebab penyebab spesifik itu yang dicatat ke dalam diagram sebab-akibat.

Berikut gambar diagram cause effect atau fishbone diagram



Gambar 2.2 *Fishbone Diagram*

Sumber: <https://ilmumanajemenindustri.com/pengertian-Fishbone-diagram-dan-cara-membuatnya/>

4. Histogram

Histogram merupakan tampilan bentuk grafis untuk menunjukkan distribusi data secara visual atau seberapa sering suatu nilai yang berbeda itu terjadi dalam suatu kumpulan data. Manfaat dari penggunaan Histogram adalah untuk memberikan informasi mengenai variasi dalam proses dan membantu manajemen dalam membuat keputusan dalam upaya peningkatan proses yang berkesimbangan (*Continous Process Improvement*).

Adapun langkah-langkah dalam membuat histogram yaitu :

1. Mengumpulkan data pengukuran

Untuk membuat histogram adalah data pengukuran yang berbentuk Numerik.

2. Menentukan besarnya *range*

Sebelum menentukan besarnya nilai *range*, kita perlu mengetahui Nilai terbesar dan nilai terkecil dari seluruh data pengukuran kita. Cara untuk menghitung nilai *range* (R) adalah :

$$R = X_{maks} - X_{min}$$

Dimana :

R : Range

X_{mak} : Nilai terbesar

X_{min} : Nilai terendah

3. Menentukan kelas interval

Untuk menentukan kelas interval, terdapat tabel yang menentukan kelas interval-nya sesuai dengan banyaknya jumlah sampel unit pada data pengukuran.

Berikut tabel pedoman kelas interval :

Tabel 2.1 Pedoman penentuan kelas

Banyaknya sampel unit pengukuran	Banyaknya kelas interval
>50	5 – 7
50 – 100	6 – 10
100 – 150	7 – 12
>150	10 – 12

4. Menentukan Lebar Kelas Interval, Batas Kelas, dan Nilai Tengah Kelas.

5. Menentukan Frekuensi dari Setiap Kelas Interval

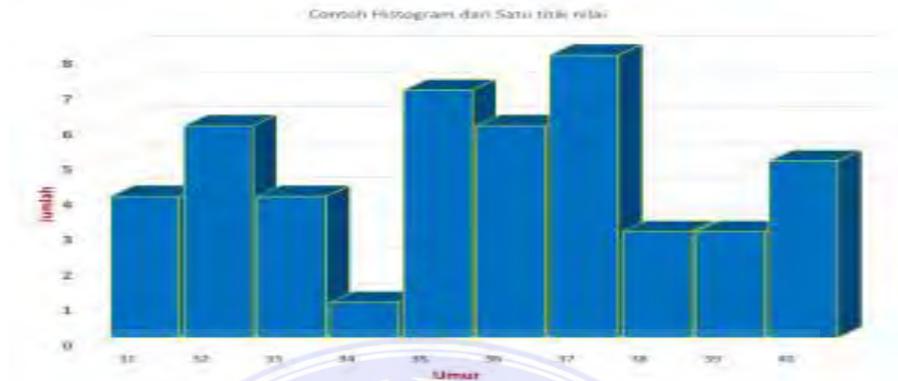
6. Membuat Grafik Histogram

Adapun langkah dalam membuat grafik histogram yaitu :

- Membuat garis horizontal dengan menggunakan skala berdasarkan pada unit pengukuran data
- Membuat garis vertikal dengan menggunakan skala frekuensi
- Menggambarkan grafik batang, tingginya sesuai dengan frekuensi setiap kelas .

d. Jika terdapat batasan spesifikasi yang ditentukan oleh customer (Pelanggan) maka tariklah garis vertikal sesuai dengan spesifikasi tersebut.

Berikut gambar histogram :



Gambar 2.3 Histogram

Sumber: <https://ilmumanajemenindustri.com/pengertian-Histogram-dan-cara-membuatnya/>

2. Scatter Diagram

Scatter diagram (diagram pencar) adalah grafik yang menampilkan sepasang data numerik pada sistem koordinat Cartesius, dengan satu variabel pada masing-masing sumbu, untuk melihat hubungan dari kedua variabel tersebut. Jika kedua variabel tersebut berkorelasi, titik-titik koordinat akan jatuh di sepanjang garis atau kurva. Semakin baik korelasi, semakin ketat titik-titik tersebut mendekati garis.

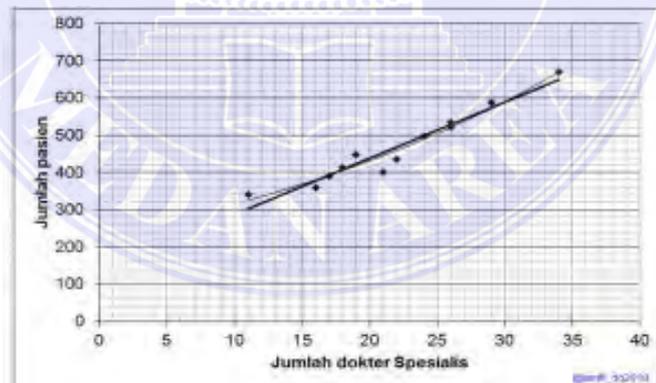
Tahapan dalam membuat diagram penyebaran yaitu:

1. Kumpulkan pasangan data di mana diduga memiliki hubungan
2. Gambar grafik dengan variabel bebas pada sumbu horizontal dan variabel terikat pada sumbu vertikal. Untuk tiap pasang data, beri titik atau simbol di mana nilai sumbu x memotong sumbu y. (Jika dua titik terletak sama, letakkan keduanya bersebelahan, bersentuhan, sehingga keduanya bisa terlihat)
3. Cari pola titik untuk melihat apakah hubungannya jelas. Jika data dengan jelas membentuk garis atau kurva, anda boleh berhenti. Variabelnya berkorelasi. Anda mungkin ingin menggunakan regresi atau analisis korelasi sekarang. Jika tidak, lanjutkan langkah 4 hingga 7.

4. Bagi titik-titik pada grafik menjadi 4 kuadran. Jika ada titik sebanyak X pada grafik
 - a. Hitung $X/2$ titik dari atas ke bawah dan gambar garis horizontal
 - b. Hitung $X/2$ titik dari kiri ke kanan dan gambar garis vertikal
 - c. Jika jumlah titiknya ganjil, gambar garis melalui titik tengah
5. Hitung titik di tiap kuadran. Jangan hitung titik yang terletak di garis.
6. Jumlahkan kuadran yang berseberangan secara diagonal. Temukan jumlah yang lebih sedikit dan total titik di seluruh kuadran.
 - a. $A = \text{Titik di kiri atas} + \text{titik di kanan bawah}$
 - b. $B = \text{Titik di kanan atas} + \text{titik di kiri bawah}$
 - c. $Q = \text{lebih kecil antara } A \text{ dan } B$
 - d. $N = A + B$
7. Cari batas N pada tabel uji kecenderungan
 - a. Jika Q kurang dari batas, kedua variabel berhubungan
 - b. Jika Q sama atau lebih besar daripada batas, polanya mungkin terjadi dari kemungkinan acak.

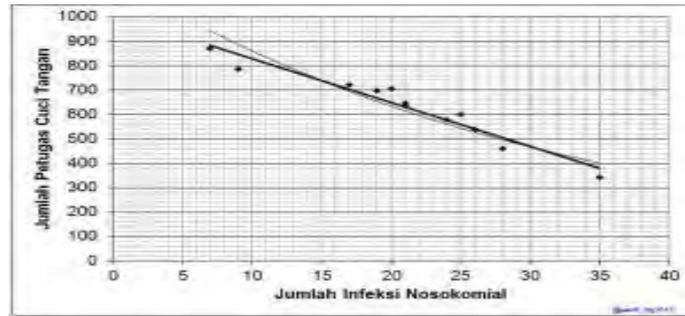
Hasil diagram scatter pada prinsipnya memiliki tiga pola, yaitu :

1. Pola positif : Semakin tinggi nilai Y , semakin tinggi pula nilai X



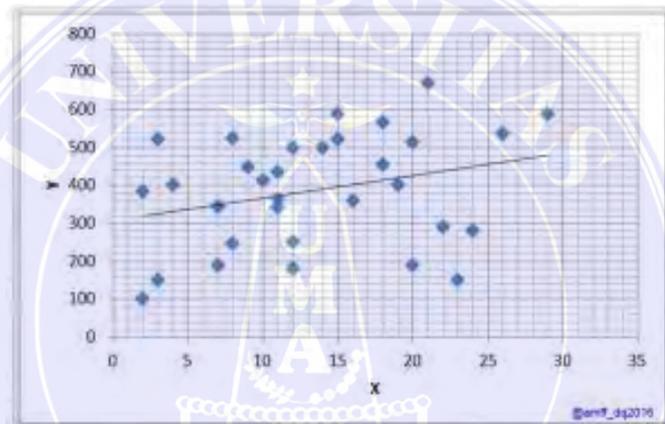
Gambar 2.4 Pola positif Scatter Diagram

2. Pola negatif : Semakin tinggi Y, semakin rendah arti nilai X



Gambar 2.5 Pola negatif *Scatter Diagram*

3. Tidak berhubungan : artinya tidak ada pola (hubungan) dari kedua variabel.



Gambar 2.6 *Scatter Diagram* Tidak berhubungan

4. Stratifikasi

Tujuan dari *Stratification* (Stratifikasi) adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab pada suatu permasalahan. Untuk dapat mengidentifikasi kategori-kategori mana yang paling berpengaruh pada permasalahan yang sedang kita bahas, kita perlu menggunakan alat analisis mutu lainnya seperti *Scatter Diagram* ataupun *Pareto Diagram*.

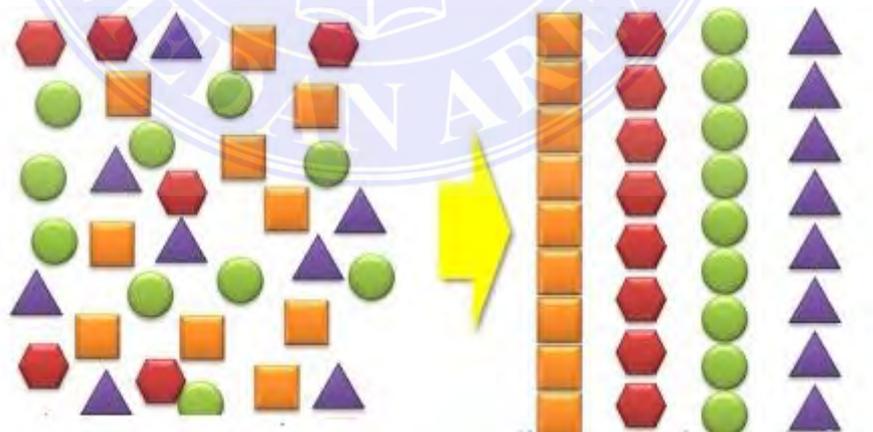
Beberapa Contoh Stratification dalam produksi diantaranya seperti penggolongan :

1. Jenis kerusakan
2. Penyebab kerusakan

3. Produk
4. Model
5. Mesin
6. Material (bahan)
7. Man (operator yang mengerjakannya)
8. Tanggal produksi
9. *Supplier* (Pemasok)
10. Tim kerja atau kelompok kerja
11. Lokasi
12. *Shift* produksi

Langkah-langkah yang diperlukan dalam *Stratification* (Stratifikasi) adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tujuan dari pelaksanaan stratifikasi
2. Menentukan variabel atau kriteria yang akan dikelompokkan
3. Membuat kelompok dan sub kelompok (jika diperlukan)
4. Memasukan faktor-faktor kedalam kelompok ataupun subkelompok yang sesuai
5. Agar data lebih mudah dilihat, data stratifikasi tersebut lebih baik dibuat ke dalam bentuk Pareto diagram atau Scatter Diagram. Berikut contoh gambar Stratifikasi :



Gambar 2.7 Stratifikasi

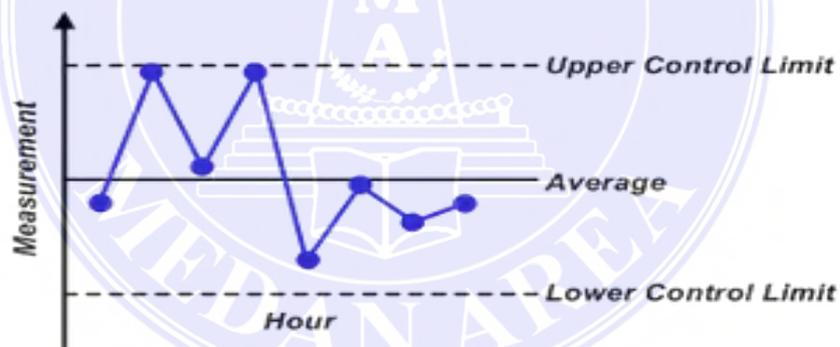
Sumber: <https://ilmumanajemenindustri.com/pengertian-Stratifikasi-dan-cara-membuatnya/>

5. Peta Kendali (*Control Chart*)

Control chart atau peta kendali adalah peta yang digunakan untuk mempelajari bagaimana proses perubahan dari waktu ke waktu. Data di-plot dalam urutan waktu. *Control chart* selalu terdiri dari tiga garis horisontal, yaitu:

- Garis pusat (*center line*), garis yang menunjukkan nilai tengah (*mean*) atau nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang di-plot-kan pada peta kendali.
- Upper control limit* (UCL), garis di atas garis pusat yang menunjukkan batas kendali atas.
- Lower control limit* (LCL), garis di bawah garis pusat yang menunjukkan batas kendali bawah.

Garis-garis tersebut ditentukan dari data historis, terkadang besarnya UCL dan LCL ditentukan oleh *confidence interval* dari kurva normal. Dengan *control chart*, kita dapat menarik kesimpulan tentang apakah variasi proses konsisten (dalam batas kendali) atau tidak dapat diprediksi (di luar batas kendali karena dipengaruhi oleh *special caause of variation*, yaitu variasi yang terjadi karena faktor dari luar sistem). Berikut contoh gambar peta kendali :



Gambar 2.8 Peta kendali (*Control Chart*)

Sumber: [https://ilmumanajemenindustri.com/Peta kendali \(Control Chart\) dan-cara-membuatnya/](https://ilmumanajemenindustri.com/Peta_kendali_(Control_Chart)_dan-cara-membuatnya/)

2.4. Jenis Peta Kendali

Adapun jenis peta kendali terbagi yaitu :

1. Peta Kendali X

Peta kendali X digunakan untuk proses yang mempunyai karakteristik berdimensi kontinu. Peta ini menggambarkan variasi harga rata-rata (*mean*) dari

data yang diklasifikasikan dalam suatu kelompok. Pengelompokan data ini bisa dilakukan berdasarkan satuan waktu hari atau satuan waktu lainnya, dimana sampel berasal dari kelompok yang melakukan pekerjaan yang sama dan lain-lain Langkah-langkah untuk membuat peta kendali X adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan harga rata-rata X. nilai rata-rata X didapat dengan rumus :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g}$$

Di mana:

$\bar{\bar{X}}$ = jumlah rata-rata dari nilai rata-rata subgroup

\bar{X}_i = nilai rata-rata subgroup ke-i

g = jumlah subgroup

- b. Batas kendali untuk peta X ini adalah:

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

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

Di mana:

BKA = batas kendali atas

BKB = batas kendali bawah

A_2 = nilai koefisien

R = selisih harga X_{maks} dan X_{min}

- c. Menggambar peta X menggunakan batas kendali dan sebaran data X.

Peta ini sering digunakan sebagai dasar pembuatan keputusan mengenai penolakan atau penerimaan produk yang dihasilkan atau diteliti.

1. Peta kendali R (*R- Chart*)

Peta kendali rata-rata dan jarak (range) merupakan dua peta kendali yang saling membantu dalam mengambil keputusan mengenai kualitas proses. Peta

kendali jarak (range) digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi atau ketepatan proses yang diukur dengan mencari range dari sampel yang diambil. Seperti halnya peta kendali rata-rata kendali jarak tersebut juga digunakan untuk mengetahui dan menghilangkan sebab yang membuat terjadinya penyimpangan.

Peta kendali rata-rata dan jarak (range) merupakan dua peta kendali yang saling membantu dalam mengambil keputusan mengenai kualitas proses. Peta kendali jarak (range) digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi atau ketepatan proses yang diukur dengan mencari range dari sampel yang diambil. Seperti halnya peta kendali rata-rata kendali jarak tersebut juga digunakan untuk mengetahui dan menghilangkan sebab yang membuat terjadinya penyimpangan.

Peta kendali R merupakan peta untuk menggambarkan rentang data dari suatu sub group yaitu data terbesar dikurangi data terkecil. Langkah-langkah penentuan garis sentral yakni sebagai berikut:

a. Menentukan rentang rata-rata

Untuk menentukan rentang rata-rata dapat digunakan dengan rumus:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

Di mana:

\bar{R} = jumlah rata-rata dari nilai rata-rata subgroup

R_i = nilai rata-rata subgroup ke-i s

g = jumlah subgroup

b. Batas kendali untuk peta R ini adalah:

$$BKA = D_4R$$

$$BKB = D_3R$$

Di mana:

BKA = batas kendali atas

BKB = batas kendali bawah

D_4 dan D_3 = nilai koefisien

c. Menggambarkan garis R dan garis batas kendali pada peta serta sebaran data Range (R).

2. Peta Kendali P

Peta kendali p digunakan untuk mengukur proporsi ketidaksesuaian atau sering disebut cacat) dari item-item dalam kelompok yang sedang diinspeksi. Dengan demikian peta kendali p digunakan untuk mengendalikan proporsi dari item-item yang tidak memenuhi syarat spesifikasi kualitas. Proporsi yang tidak memenuhi syarat didefinisikan sebagai rasio banyaknya item yang tidak memenuhi syarat dalam suatu kelompok terhadap total banyaknya item dalam kelompok itu. Jika item-item itu tidak memenuhi standar pada satu atau lebih karakteristik kualitas yang diperiksa, maka item-item itu digolongkan sebagai tidak memenuhi syarat. Spesifikasi atau cacat.

Untuk membuat peta p dapat digunakan rumus-rumus berikut:

$$P = \frac{X}{n} \dots\dots\dots (1)$$

dimana

p = proporsi kesalahan dalam setiap sampel
 x = banyaknya produk yang salah dalam setiap sampel
 n = banyaknya sampel yang diambil dalam inspeksi

Rumus untuk menghitung nilai tengah, batas atas dan batas bawah adalah sebagai berikut:

$$CL = p \dots\dots\dots (2)$$

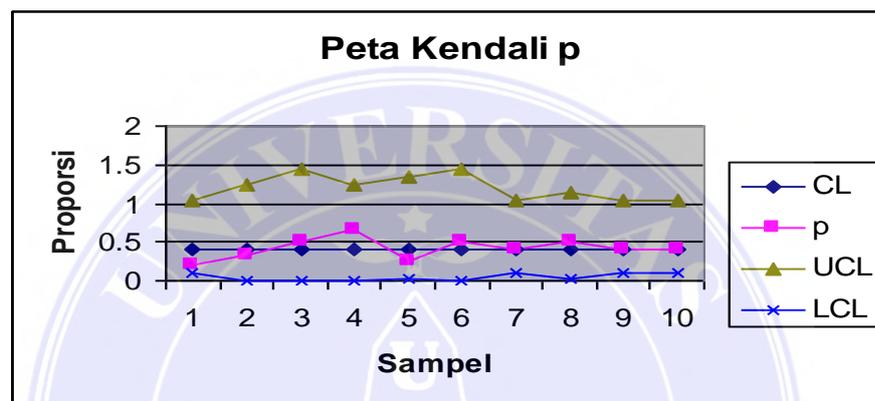
$$UCL = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

$$LCL = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

np	=	jumlah produk cacat
p	=	proporsi
p (CL)	=	rata-rata proporsi
UCL	=	<i>upper control limit</i> (batas kontrol atas)
LCL	=	<i>lower control limit</i> (batas kontrol bawah)

Berikut contoh gambar grafik peta kendali p .



Gambar 2.9 Peta kendali p

Sumber: [https://ilmumanajemenindustri.com/Peta_kendali_P_\(Control_Chart\)_dan-cara-membuatnya/](https://ilmumanajemenindustri.com/Peta_kendali_P_(Control_Chart)_dan-cara-membuatnya/)

3. Peta Kendali np

Bila peta kendali p digunakan untuk memetakan proses secara proporsional, maka peta kendali np merupakan peta kendali yang digunakan untuk mengukur banyaknya produk cacat per item.

Peta kendali np biasa digunakan untuk memetakan jumlah item cacat atau banyaknya cacat dari sebuah sampel yang diambil. Berbeda dengan peta kendali p yang dapat memetakan proses dengan jumlah sampel tiap observasi sama maupun tidak sama, peta kendali np hanya biasa digunakan apabila sampel yg diambil tiap observasi jumlahnya sama. Langkah-Langkah Pembuatan Peta Kendali np :

- Catat jumlah cacat setiap lot yang diperiksa.
- Hitung rata-rata jumlah cacat dengan rumus :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i p_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \dots\dots\dots (1)$$

c. Hitung garis sentral dari peta np :

$$\bar{np} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i p_i}{\sum_{i=1}^k \text{sub grup}} \dots\dots\dots (2)$$

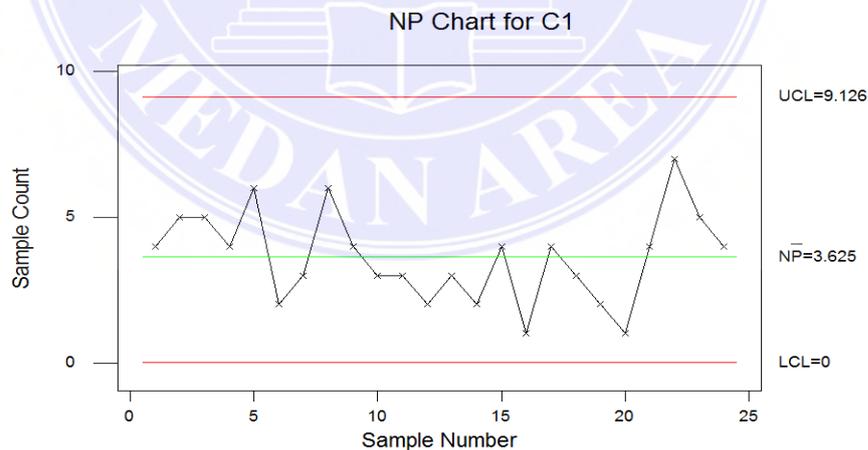
d. Hitung standar deviasi jumlah cacat dengan rumus :

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

e. Buat peta np dengan batas-batas kendali sebagai berikut :

1. Garis sentral (*central limit*) : $CL = np$
2. Batas kendali atas (*Upper Control Limit*) : $UCL = p + 3s_i$
3. Batas kendali bawah (*Lower Control Limit*) : $LCL = p - 3s_i$

f. Plot titik-titik np pada peta yang terbentuk. Pada tahap konstruksi peta ini jika terdapat data-data yang keluar dari kendali dan diketahui penyebabnya, buang data dan lakukan perhitungan ulang untuk mendapatkan CL, UCL, dan LCL revisi sampai semua data berada dalam batas kendali. Berikut gambar peta kendali np :



Gambar 2.10 Peta kendali np

Sumber: [https://ilmumanajemenindustri.com/Peta kendali np \(Control Chart\) dan-cara-membuatnya/](https://ilmumanajemenindustri.com/Peta_kendali_np_(Control_Chart)_dan-cara-membuatnya/)

4. Peta kendali C

Peta C merupakan peta yang menunjukkan jumlah cacat (defect) yang diamati dalam satu satuan inspeksi (seperti : satu pesawat, satu radio, satu gulungan kain, satu gulungan kabel, satu buku, dan lain-lain). Peta C adalah jenis diagram kontrol yang digunakan di dunia industri atau bisnis untuk memonitor data penghitungan, dimana kejadian tersebut hanya bisa dihitung pada saat kejadian itu muncul.

Asumsi

Dasar untuk menggunakan diagram c adalah, bahwa data berasal dari distribusi poisson dengan asumsi bahwa:

1. Produk / servis memiliki cukup banyak kemungkinan kejadian.
2. Probabilitas terjadinya sebuah kejadian cukup kecil dan konstan.
3. Setiap unit di inspeksi dengan cara yang sama.
4. Setiap unit memiliki probabilitas yang sama

Langkah-langkah pembuatan peta kendali - C :

1. Kumpulkan k = banyaknya subgrup yang akan diinspeksi,
Usahakan k mencukupi jumlahnya antara k = 20–25 subgrup,
2. Hitung jumlah cacat setiap subgrup ($= C$),
3. Hitung nilai rata-rata jumlah cacat, \bar{c} sbb :

$$GT = \bar{c} = \frac{\sum c}{k}$$

dimana :

c = jumlah cacat

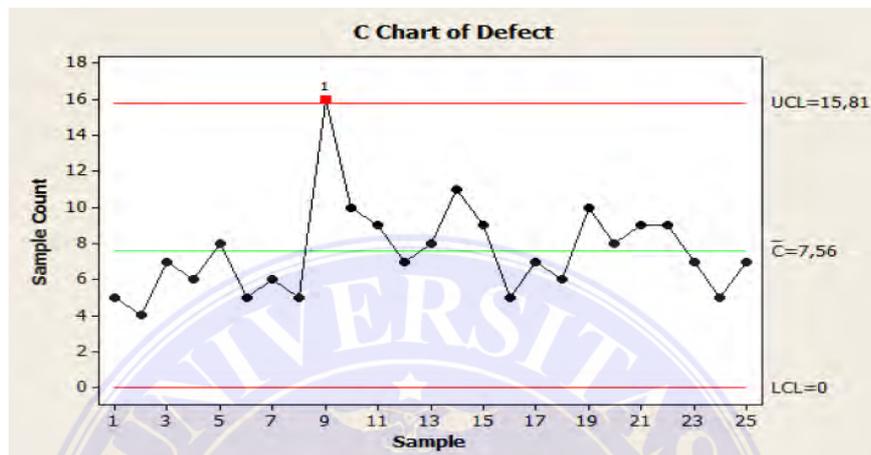
k = jumlah subgrup

4. Hitung batas kendali untuk peta kendali C :

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

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

5. Plot data jumlah cacat dari setiap subgrup yang diperiksa dan amati apakah data tersebut berada dalam pengendalian atau diluar kendali. Berikut gambar peta kendali C :



Gambar 2.11 Peta Kendali C

Sumber : <http://elyria.lecture.ub.ac.id/files/2015/09/6.-Control-chart-for-attributes.pdf>

5. Peta kendali U

Peta kendali U relatif sama dengan peta kendali c. Perbedaannya hanya terdapat pada peta kendali u spesifikasi tempat dan waktu yang dipergunakan tidak harus selalu sama, yang membedakan dengan peta kendali c adalah besarnya unit inspeksi perlu diidentifikasi. U dalam U *Chart* menandai “Unit” cacat dalam kelompok sampel. Bila dalam teknik yang lain data cacat langsung menjadi data yang diplot ke bagan, maka U *Chart* perlu untuk menghitung terlebih dahulu U (“Unit”) cacat untuk setiap n, dimana

$$U_i = \frac{c_i}{n_i}$$

Nilai u_i inilah yang akan di-plot-kan dalam peta kendali, yang mana x_i adalah jumlah cacat dalam subgrup ke-i dan n_i adalah jumlah unit laporan pemeriksaan dalam subgrup ke-i. Terdapat dua model untuk penyelesaian U-chart beserta batas-batas kendalinya, yaitu menggunakan:

- a. **Model Harian/Individu**, batas kendali U-chart dengan model harian/individu adalah

$$\bar{u} \pm \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

- b. **Model Rata-Rata**, batas kendali U-chart dengan model rata-rata adalah

$$\bar{u} \pm \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Rumus yang digunakan untuk menghitung U rata-rata, Standard deviasi pada U chart adalah sebagai berikut:

$$U_i = \frac{C_i}{n_i}$$

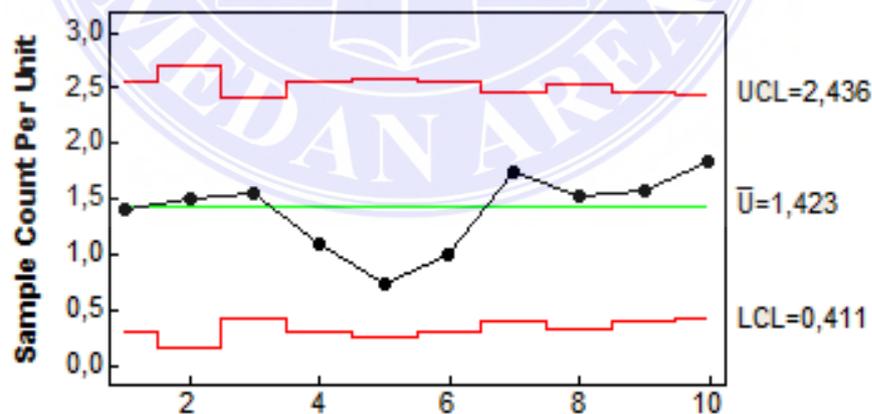
$$\bar{u} = \frac{\sum C_i}{\sum n_i} \quad S_u = \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Dimana :

U_i = Unit Cacat per sample C_i = Unit Cacat ke i

n_i = Jumlah Sample inspeksi ke

Berikut gambar peta kendali u



Gambar 2.12 Peta Kendali U

Sumber : <http://lelyria.lecture.ub.ac.id/files/2015/09/6.-Control-chart-for-attributes.pdf>

Tabel 2.2 Rekap Formulasi Peta Kendali Atribut

	p	$n\bar{p}$	c	U
CL	\bar{p}	$n\bar{p}$	\bar{c}	\bar{u}
UCL	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
LCL	$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
Notes	Jika n bervariasi, maka gunakan \bar{n} atau n_i masing-masing.	n harus konstan	n harus konstan	Jika n bervariasi, maka gunakan \bar{n} atau n_i masing-masing.

2.5. Six Sigma

Six sigma adalah konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berfokus untuk menghapus cacat dengan cara menekankan pada pemahaman, pengukuran dan perbaikan proses. Simbol sigma (σ) dalam statistik dikenal sebagai standar devias yaitu suatu nilai yang menyatakan simpangan terhadap nilai tengah. Suatu proses dikatakan baik apabila berjalan pada suatu rentang (*range*) yang telah ditetapkan. Rentang tersebut memiliki batas, yaitu batas atas (*USL – Upper Specification Limit*) dan batas bawah (*LSL – Lower Specification Limit*). Proses yang terjadi diluar rentang tersebut maka dianggap *reject*. *Six Sigma* (σ) merupakan proses yang menghasilkan 3,4 DPMO (*Deffect Per Million Oportunities*).

Menurut Gaspertz yang diambil dari *APICS Dictionary (2005)* mendefenisikan bahwa *six sigma* merupakan sekumpulan konsep dan praktik terbaik dalam bisnis yang bertujuan:

1. Menurunkan variabilitas dalam proses dan mengurangi cacat dalam produk (*zero defect*).
2. Hanya memproduksi 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi (3,4 DPMO).

3. Melakukan berbagai inisiatif demi peningkatan proses untuk mencapai target *six sigma*.
4. Menciptakan dan memonitor aktivitas-aktivitas bisnis agar mengurangi pemborosan dan sumber daya lain.
5. Meningkatkan kepuasan pelanggan.

2.5.1. Manfaat *Six Sigma*

Beberapa manfaat dari penerapan *six sigma* adalah sebagai berikut:

1. *Six sigma* meliputi sekumpulan dari praktik dan keterampilan atau usaha (baik secara dasar maupun terapan) yang menerapkan kunci menuju keberhasilan dan berkembang kearah yang lebih baik.
2. *Six sigma* sangat berpotensi diterapkan pada bidang jasa atau non *manufacturing* di samping lingkungan teknikal, seperti bidang manajemen, keuangan, pemasaran, logistik, teknologi informasi dan lain-lain.
6. *Six sigma* dapat menghasilkan sukses yang berkelanjutan. Cara untuk melanjutkan dan tetap menguasai pertumbuhan pasar yang aman adalah dengan cara melakukan perbaikan yang terus menerus dan membuat kembali organisasi yang menciptakan sebuah keahlian dan budaya untuk terus menerus bangkit kembali.

Strategi metodologi yang paling penting dalam *six sigma* adalah metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*). DMAIC merupakan metodologi kualitas yang terkendali dalam data untuk memperbaiki produk dalam pengendalian bisnis perusahaan.

2.5.2. *Define*

Tahap *define* adalah tahap pertama dari proses DMAIC, tahap ini bertujuan untuk menyatukan pendapat dari semua tim mengenai proyek yang akan dilakukan, baik mengenai ruang lingkup, tujuan, biaya dan target dari proyek yang akan dilakukan. Adapun tahapan dalam *define*, yaitu:

1. Identifikasi CTQ (*Critical to Quality*)

CTQ merupakan kunci karakteristik yang dapat diukur dari sebuah produk atau proses yang harus mencapai standar agar dapat memuaskan kebutuhan pelanggan (*customer*).

1. Membangun *Team Charter*

Identifikasi masalah, tujuan proyek, pembatasan proyek, pengembangan proyek.

2. Proses *Mapping*

Membuat gambaran proses dan fungsi yang terkait dengan proyek. Tools yang biasa digunakan adalah SIPOC. SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) digunakan untuk menunjukkan aktivitas mayor, atau subproses dalam sebuah proses bisnis. Model SIPOC paling banyak digunakan manajemen dalam peningkatan proses. Nama SIPOC terdiri dari lima elemen utama dalam sistem kualitas yaitu:

a. *Supplier*

Merupakan sekelompok orang yang memberikan informasi kunci, material, atau sumber daya lain kepada proses. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sebelumnya dapat dianggap sebagai pemasok internal (*internal supplier*).

b. *Input*

Merupakan segala sesuatu yang diberikan dari *supplier* seperti material yang selanjutnya akan diproses.

c. *Process*

Merupakan serangkaian kegiatan untuk mengolah *input* yang memiliki suatu nilai tambah yang selanjutnya bisa disebut dengan hasil atau *output*.

d. *Output*

Merupakan hasil dari sebuah proses baik berupa barang atau jasa, dapat berupa barang jadi (*final product*) atau barang setengah jadi.

e. *Customer*

Mencakup semua *user* atau konsumen yang menggunakan *output* yang berasal dari proses.

2.5.3. Measure

Dalam tahap *measure* terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan yaitu:

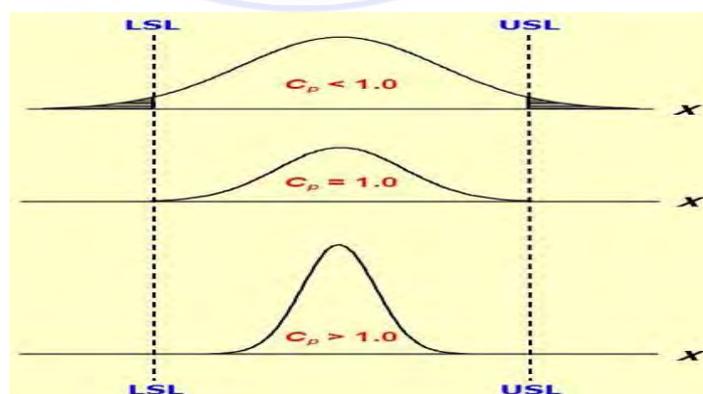
1. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan.
2. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, dan *input*.
3. Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses *output*, dan *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja (*performance baseline*) pada awal proyek *six sigma*.

2.5.3.1. Kapabilitas Proses (Cp)

Kapabilitas proses Cp didefinisikan sebagai rasio lebar spesifikasi terhadap sebaran proses, kemampuan proses membandingkan *output in-control process* dengan batas menggunakan *capability indeks*.

USL (*Upper Spesification Limit*) merupakan batas atas dari sebuah standar yang telah ditetapkan. LSL (*Low Spesification Limit*) merupakan batas bawah dari standar yang ditetapkan CTQ (*Critical To Quality*) yang ingin dikendalikan.

Sedangkan nilai sigma (σ) merupakan nilai standar deviasi dari CTQ yang ingin dikendalikan. Persyaratan asumsi dari penggunaan formula ini adalah bahwa distribusi dari proses harus berdistribusi normal dan nilai rata-rata proses (\bar{X}) harus tepat sama dengan nilai target, yang berarti nilai \bar{X} dari proses harus tetap berada ditengah dari interval nilai USL dan LSL.



Gambar 2.13 Batas Atas (USL) dan Batas Bawah (LSL)

Jika persyaratan asumsi ini dapat dipenuhi, maka kita boleh menggunakan tabel dibawah ini sebagai nilai referensi untuk menentukan kapabilitas proses yang sedang dikendalikan.

Tabel 2.3 Hubungan antara Cp dan Kapabilitas Proses

Cp	Kapabilitas Proses
0.33	1.0 Sigma
0.50	1.5 Sigma
0.67	2.0 Sigma
0.83	2.5 Sigma
1.00	3.0 Sigma
1.17	3.5 Sigma
1.33	4.0 Sigma
1.50	4.5 Sigma
1.67	5.0 Sigma
1.83	5.5 Sigma
2.0	6.0 Sigma

Ketika sebaran melebar (banyak variasi), maka nilai Cp kecil, hal tersebut mengindikasikan kemampuan proses rendah. Ketika sebaran proses menyempit (sedikit variasi) maka nilai Cp tinggi, hal ini mengindikasikan kemampuan proses lebih bagus.

2.5.3.2. Indeks Kapabilitas Proses (CpK)

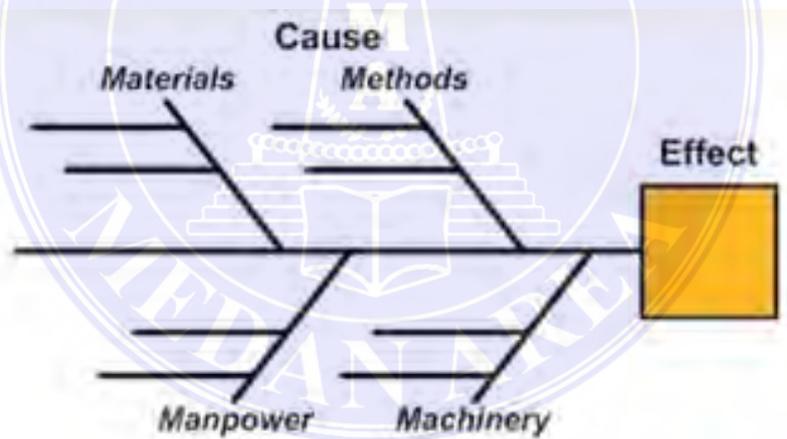
Indeks kapabilitas proses (CpK) merupakan indeks yang menunjukkan kemampuan suatu proses (dalam jangka pendek) yang memenuhi spesifikasi limit. Ketika proses sempurna pada target, maka $k = 0$ dan $Cpk = Cp$. Cpk akan memuaskan apabila pergeseran data proses tidak jauh dari target (nilai k kecil) dan sebaran proses sekecil mungkin (variasi proses terlalu kecil). Proses dianggap *capable* jika seluruh data pengukuran ada didalam area batas spesifikasi (*specification limit*). Jika spesifikasi hanya mempunyai satu batas yaitu batas atas (*upper*) atau batas bawah (*lower*).

Ketika target tidak ditentukan, maka C_p tidak bisa digunakan dan hanya menggunakan C_{pk} . Penghitungan C_{pk} sering menggunakan CPU (*Capability Process Upper*) atau CPL (*Capabilty Process Lower*). CPU adalah toleransi atas sebaran dibagi dengan aktual sebaran proses atas. CPL didefenisikan sebagai toleransi bawah sebaran dibagi dengan aktual sebaran proses bawah. C_{pk} didefenisikan nilai minimum dari CPU atau CPL.

2.5.4. Analysis

Tahap ini merupakan fase mencari dan menentukan akar sebab dari suatu masalah dan mencari serta analisa pemecahan masalah tersebut. Ada beberapa hal yang harus dilakukan pada tahap ini, yaitu:

1. Menetapkan target kinerja dari karakteristik kualitas (CTQ) kunci dengan diagram pareto.
2. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab masalah kualitas dengan menggunakan diagram sebab akibat (*Fishbone Diagram*).



Gambar 2.14 Fishbone Diagram

Fishbone Diagram digunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab dan akibat kualitas yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab tersebut.

Fungsi dari *fishbone diagram* adalah:

1. Mengidentifikasi akar penyebab dari suatu permasalahan.
2. Mendapatkan ide-ide yang dapat memberikan solusi untuk pemecahan suatu masalah.

3. Membantu dalam pencarian dan penyelidikan fakta lebih lanjut.

Dalam penelitian botol 1L, identifikasi kecacatan dengan menggunakan fishbone diagram. Dengan menggunakan fishbone diagram dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi kecacatan botol 1L. Kecacatan botol 1L ada 4 jenis yaitu botol 1L pecah, botol 1L miring, botol 1L bocor dan warna pada botol 1L tidak standart. Ada empat faktor yang mempengaruhi kecacatan botol 1L yaitu berasal dari bahan baku, operator, metode kerja dan mesin.

2.5.5. Improve

Tahap ini menerapkan suatu rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *sig sigma* seperti mendeskripsikan alokasi sumber daya serta alternatif yang dilakukan. Tujuan tahapan *improve* adalah menemukan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah. Adapun tools dalam tahapan *improve* yaitu:

1. Optimalisasi aliran proses.
2. Standarisasi proses.

2.5.6. Control

Aktivitas utama dalam tahap *control* adalah menjaga dan mempertahankan kondisi dari hasil ide-ide perbaikan. *Control* merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap ini, hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan distandarisasikan, serta dilakukan pengendalian, dimana pengendalian proses dilakukan dengan menggunakan SPC (*statistical process control*). Adapun tujuan dari tahap ini agar setiap kesalahan dalam setiap proses produksi tidak terulang kembali dan tetap menjaga kualitas produk dengan melakukan pengontrolan dan pengawasan ketat pada proses produksi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Deskripsi Perusahaan

PT. Pacific Medan Industri terletak di Jalan Pulau Nias Selatan KIM – II Mabar, Medan. PT. Pacific Medan Industri merupakan salah satu perusahaan di kota Medan yang mendapatkan Penanaman Modal Asing (PMA) dan bergerak di bidang pengolahan minyak goreng, minyak samin, shortening dan margarin. PT. Pacific Medan Industri yang berdiri dan beroperasi sejak tahun 1998 selalu berkomitmen untuk bisa memenuhi harapan dan kebutuhan semua pelanggan dalam menghasilkan produk-produk yang memiliki kualitas tinggi dan aman. *Layout* perusahaan PT. Pacific Medan Industri dapat dilihat pada lampiran 4.

Seluruh proses produksi PT. Pacific Medan Industri dijalankan menggunakan sistem *manufacturing* yang sangat *modern* dan didukung oleh sumber daya manusia yang aktif, handal dan profesional melalui penerapan dan pengaplikasian sistem manajemen kualitas ISO 9001:2008, ISO 22000:2005 dan Sertifikasi HACCP.

3.2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan dalam waktu dua bulan terhitung sejak Oktober 2018 hingga November 2018.

3.3. Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat Observasi dan wawancara yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat dan berapa besar hubungan tersebut dengan menggunakan perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok yang tidak dikenakan perlakuan (Sugiyono, 2014).

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek, atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

Variabel-variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah:

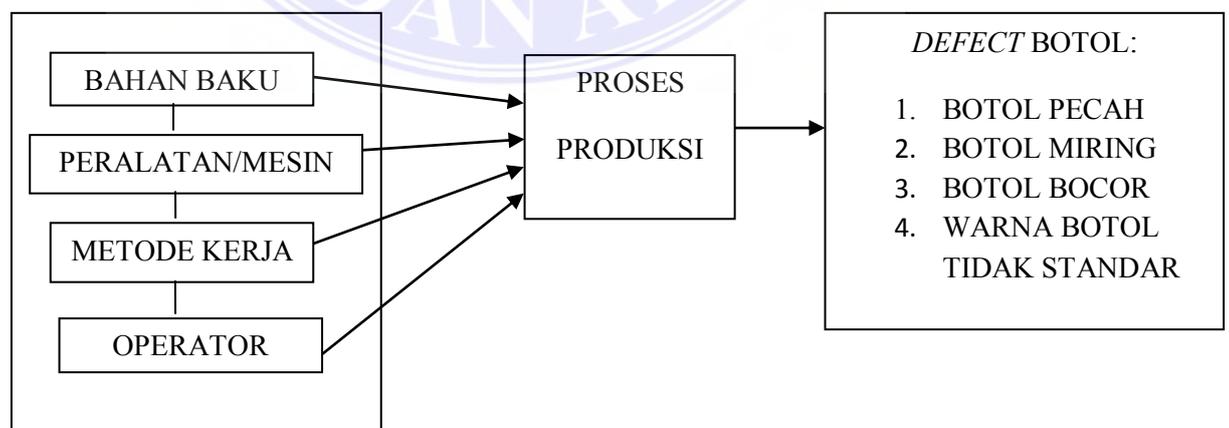
1. *Variable independen* (variabel bebas) merupakan variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya *variable dependen* atau variabel terikat (Sugiyono, 2014). Yang menjadi *variable independen* dalam penelitian ini adalah:

- a. Operator
- b. Bahan baku (*original*) dan daur ulang (*recycle*).
- c. Metode kerja
- d. Keandalan mesin

2. *Variable dependen* (variabel terikat) merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2014). *Variable dependen* dalam penelitian ini adalah kualitas Botol 1L.

3.5. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting.



Gambar 3.1 Kerangka Berpikir

3.6. Defenisi Operasional

Defenisi operasional adalah suatu defenisi yang diberikan kepada suatu variabel dengan cara memberikan arti, merincikan kegiatan ataupun memberikan suatu operasional yang diperlukan untuk mengukur variabel tersebut (Sugiyono,2014).

Defenisi operasional dalam penelitian ini adalah yaitu:

1. Botol Pecah

Faktor-faktor yang mempengaruhi botol pecah ada 4 yaitu bahan baku, Mesin/peralatan, Operator dan metode kerja. Hal ini dapat mempengaruhi jumlah produksi botol.

a. Bahan Baku

Bahan baku merupakan bahan utama dalam melakukan proses produksi sampai menjadi suatu produk (barang jadi). Bahan baku dalam proses pembuatan botol 1L yaitu biji plastik (resin PET), *recycle* dan *colorant*. Biji plastik (resin PET) memiliki bebrbagai jenis yaitu *Eastlon*, *Ramapet*, *Mitsubishi*, *Shimpact*. Dan *recycle* terbagi atas dua jenis yaitu *recycle* preform dan *recycle* botol. Setiap material dan *recycle* berbeda untuk formula blendingannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi botol 1L pecah dari bahan baku yaitu :

1. Kesalahan dalam formula blendingan bahan baku, sehingga mengakibatkan preform pucat dan saat *diblowing* botol 1L menjadi pecah.
2. Kesalahan dalam pemanasan bahan baku. Standart pemanasan bahan baku tergantung dengan formula material yang diblending.

b. Mesin/Peralatan

Mesin merupakan alat yang digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan produk. Mesin dan peralatan yang digunakan dalam pembuatan botol 1L yaitu Mesin *Crusher*, Mesin *blending*, Mesin *Hopper*, Mesin *Injection*, Mesin *SIPA*, *Chiller* dan *Compressor*.

Mesin *Crusher* digunakan untuk mencacah botol 1L dan *preform* 1L yang *defect* menjadi serpihan botol dan serpihan *preform*. Serpihan botol dan *preform* yang dicampur dalam material sesuai standart *blending*. Dalam mesin *Crusher* dipisah botol 1L yang *defect* dan *preform* 1L yang *defect*. Mesin *blending*

merupakan tempat pencampuran material *resin* (biji plastik), *recycle* dan *colorant*. Didalam mesin *blending*, bahan baku akan diaduk selama 5 – 15 menit sampai bahan baku sudah tercampur merata.

Mesin *Hopper* merupakan tempat material (bahan baku) dipanaskan dengan menggunakan uap panas. Dalam mesin *Hopper* material dipanaskan selama 6 – 10 jam dengan temperature 135 °C – 150 °C. Mesin *Injection* digunakan untuk mencetak material menjadi *preform*. *Preform* merupakan barang setengah jadi yang bila *diblow* akan menjadi botol 1L. Didalam mesin *Injection* terdapat *mold* dan *pin* yang berfungsi untuk mencetak material menjadi *preform* 1L. Didalam proses mesin *Injection* yang perlu dikontrol yaitu temperatur *heater*, temperatur ruangan dalam mesin *injection*, dan temperatur *chiller*. Standart temperatur *heater* 265 – 310 °C, Temperatur *Chiller* 8 – 11 °C, dan temperatur ruangan 23 – 28 °C. Mesin *SIPA* merupakan mesin *blowing preform* yang menghasilkan botol 1L. Dalam mesin *SIPA*, preform 1L akan dicetak menjadi botol 1L dengan tekanan angin sebesar 30 – 40 bar. Faktor – faktor yang mempengaruhi botol 1L pecah dari mesin yaitu :

1. Kurang paham dengan standar parameter mesin.
2. Kurang pengecekan dalam pengaturan temperatur hopper, sehingga mengakibatkan material tidak panas secara merata dan dapat mengakibatkan *preform* pucat. Dan jika *diblowing* preform akan pecah.
3. Umur mesin yang sudah tua mengakibatkan produk botol 1L sering dijumpai pecah.
4. Kurang pengecekan terhadap temperatur *chiller*. Temperatur *chiller* yang tidak stabil dapat mengakibatkan botol 1L pecah.

c. Operator

Operator merupakan orang yang mengendalikan mesin/peralatan untuk mencapai produk botol 1L. Operator dalam proses pembuatan botol 1L yaitu sebanyak 5 orang. Faktor-faktor yang mempengaruhi botol 1L pecah dari operator yaitu :

1. Kurang paham dengan formula blendingan dalam proses pembuatan botol 1L.

2. Operator kurang paham dalam pengendalian mesin/ peralatan dan standar parameter mesin.
3. Kurangnya *training* terhadap operator
4. Operator kurang peduli dengan kualitas produk atau lebih mengutamakan pengalaman.

d. Metode Kerja

Metode kerja merupakan cara yang harus ditempuh untuk mencapai suatu tujuan. Metode kerja dalam pembuatan botol 1L ada 5 tahap yaitu tahap *blending*, *Hopper*, *Injection*, *Blowing* dan *crusher*.

1. Tahap Blending

Tahap blending merupakan tahapan pencampuran material PET/resin, recycle dan colorant. Resin/PET terdiri dari 4 jenis yaitu eastlon, ramapet, Mitsubishi dan Shimpact. Recycle terdiri dari dua jenis yaitu recycle botol dan recycle preform. Khusus menghasilkan botol 1L Transparant tidak menggunakan colorant. Botol 1L yang dihasilkan ada 3 jenis yaitu botol 1L transparant, botol 1L White Opaq dan botol 1L yellow Opaq. Pada tahapan ini, material resin dan recycle diaduk selama 5 – 10 menit sampai merata. Hasil dari pencampuran dialirkan kedalam hopper.

2. Tahap Hopper

Hopper merupakan alat pemanas material resin, recycle dan colorant dengan temperature 140 -180 °C. Dalam tahapan hopper, Material dipanaskan selama 6 – 10 jam. Material yang sudah dipanaskan diuji kadar moisture dengan standart 0.01 – 0.05 %. Hasil dari material yang sudah diuji di alirkan ke mesin Injection .

3. Tahap Injection

Tahap injection merupakan tahapan pembentukan material menjadi preform. Pada tahapan ini, material padat hasil dari hopper dipanaskan di barrel mesin injection dengan temperatur 250 – 290 °C. Sehingga material berubah menjadi cair dan di inject kedalam mold dengan pin. Setelah material diinject, material akan menjadi preform yang dapat diblowing dalam mesin SIPA.

4. Tahap *Blowing*

Tahap blowing merupakan tahapan pembentukan botol dengan tekanan angin 30 – 40 Bar. Pada tahap ini preform di alirkan kedalam mesin SIPA. Pada mesin SIPA, preform dipanaskan dengan lampu infra red pada temperatur 28 – 35 °C. Setelah dipanaskan, preform diblow dengan tekanan angin 30 – 40 bar dan keluar menjadi botol. Botol 1L yang memenuhi standart layak untuk di isi minyak goreng. Botol 1 L yang cacat ditransfer ke dalam mesin crusher.

5. Tahap Crusher

Tahap crusher merupakan tahap pencacahan preform dan botol 1L yang cacat. Hasil pencacahan preform dan botol 1L akan digunakan untuk formula blending.

Faktor – faktor yang mempengaruhi botol 1L pecah dari metode kerja yaitu :

- a. Jenis material yang berbeda dapat mengakibatkan kesalahan dalam formula blending.
- b. Kurang paham dengan SOP sehingga mengakibatkan botol 1L pecah.
- c. Pergantian material dalam proses produksi mengakibatkan botol 1L pecah.

2. Botol Miring

Faktor – faktor yang mempengaruhi botol miring ada 3 yaitu operator, metode kerja dan Mesin.

a. Operator

Faktor yang mempengaruhi botol miring pada operator yaitu:

1. Kurang paham dengan formula campuran dalam proses pembuatan botol 1L.
2. Operator kurang paham dalam pengendalian mesin/ peralatan dan standar parameter mesin.
3. Operator susah menerima perubahan, lebih mengutamakan pengalaman.

b. Mesin/ Peralatan

Faktor-faktor yang mempengaruhi botol 1L miring dari mesin/peralatan yaitu :

1. Kurang pengontrolan terhadap letak pin dan mold pada mesin injection.
2. Pengaturan temperatur dan tekanan angin kurang pengawasan pada mesin SIPA.

3. Kurangnya pengontrolan terhadap fan sirkulasi pada mesin Injection.
4. Selain Umur mesin yang sudah tua, kurangnya perawatan terhadap mesin Injection yang sering ditemukan temperatur tidak stabil.

5. Metode Kerja

Faktor-faktor yang mempengaruhi botolLL miring dari mesin/peralatan yaitu :

- a. Operator kurang paham dengan standart temperatur chiller sehingga dapat ditemukan botol miring.
- b. Standart tekanan compressor pada mesin SIPA sering terabaikan, sehingga ditemukan botol yang miring.
- c. Permintaan material yang berbeda membuat formula blending material berbeda. Operator kurang paham dengan formula blending.

3.7. Metode penelitian

Adapun tahapan metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut yaitu

1. Pendahuluan (Mulai)

Sebelum melakukan penelitian, dimulai dengan persiapan pemberkasan administrasi dari pihak kampus atau surat pengantar penelitian kepada pihak PT. Pacific Medan Industri.

2. Identifikasi masalah dan tujuan penelitian

Pada tahapan ini dilakukan wawancara dengan produksi mengenai masalah yang sering ditemukan dalam proses produksi. Setelah melakukan wawancara dapat ditarik sebuah tujuan penelitian dan diidentifikasi dari permasalahan tersebut.

3. Studi Lapangan

Setelah tahapan identifikasi masalah dan tujuan penelitian, dapat dilakukan observasi langsung dilapangan dengan mengamati kondisi perusahaan, proses produksi dan informasi yang mendukung untuk mencapai suatu tujuan dari masalah tersebut. Informasi yang mendukung dapat berupa wawancara langsung terhadap operator produksi dan sop dari operator.

4. Studi Literatur

Dari pengamatan di lapangan, dapat diambil referensi untuk menyelesaikan masalah dari jurnal yang berkaitan dengan masalah produksi tersebut. Studi literatur yang digunakan dalam masalah tersebut yaitu dengan metode *six sigma*. Dimana dengan metode *six sigma* dapat mengidentifikasi masalah dan mencapai tujuan dari masalah tersebut. Dari studi literatur, dapat menjadi pedoman dalam pengumpulan data yang dibutuhkan.

5. Pengumpulan data

Dalam pengumpulan data terbagi atas dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa data hasil produksi botol 1L dan data cacat produksi. Pengambilan data ini dapat dilakukan dengan *observasi* langsung dilapangan dan wawancara terhadap operator yang terkait. Dari *observasi* langsung dilapangan kita dapat mengetahui alur proses produksi. Data sekunder merupakan gambaran umum perusahaan dan struktur organisasi perusahaan. Gambaran umum perusahaan menjelaskan mengenai sejarah berdirinya perusahaan dan produk yang dihasilkan dari perusahaan. Struktur organisasi perusahaan menjelaskan mengenai jabatan fungsional dalam perusahaan.

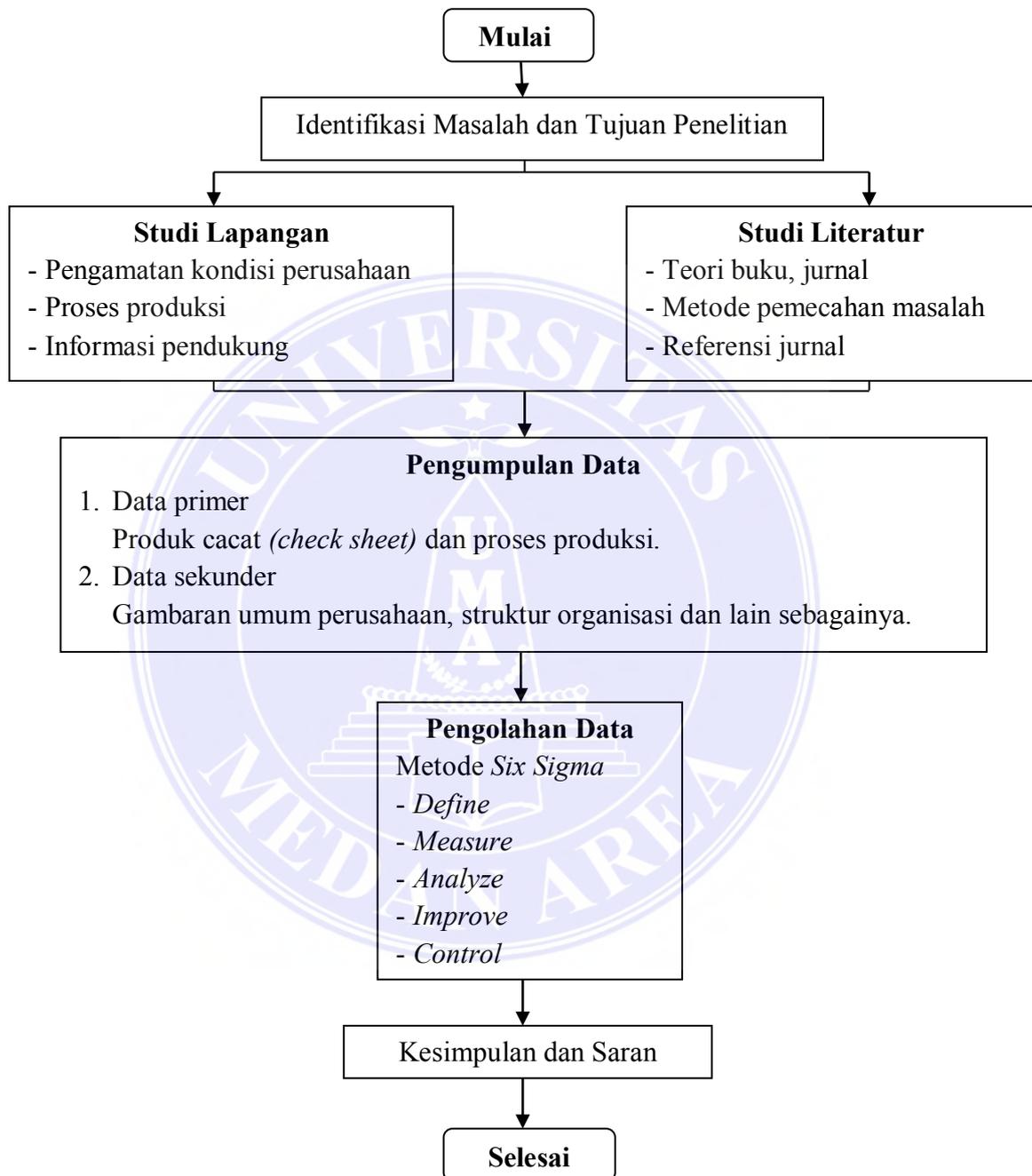
6. Pengelolaan data

Data yang sudah dikumpulkan berupa observasi dilapangan dapat dikelola dengan menggunakan metode *six sigma* dan *fishbone diagram*. Metode *six sigma* yaitu *define, measure, analyze, improve dan control*

7. Kesimpulan dan saran

Dari pengelolaan data dapat ditarik kesimpulan yang menjadi tujuan permasalahan. Untuk mengurangi permasalahan dalam hasil produksi dapat diberikan saran sesuai yang dibutuhkan.

Adapun tahapan metode yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada bagan dibawah ini :



Gambar 3.2 Diagram Blok Metodologi Penelitian

3.8. Metode Pengumpulan Data

Untuk memudahkan penulis dalam penelitian ini, maka diperlukan metode pengumpulan data agar data yang diambil tepat dan benar. Data-data yang digunakan untuk menganalisa pengendalian kualitas produk botol 1L di PT. Pasific Medan Industri dengan menggunakan metode *six sigma* adalah data primer dan data sekunder. Metode pengumpulan data dengan observasi langsung dan wawancara kepada pihak perusahaan.

3.8.1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari hasil pengamatan dilapangan untuk mengumpulkan data yang berhubungan dengan objek yang akan diteliti. Data-data primer dalam penelitian ini adalah :

- a. *Log book defect* botol (*check sheet*).
- b. Urutan proses produksi.
- c. Data jumlah produksi (Oktober)

3.8.2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan yaitu:

- a. Gambaran umum perusahaan.
- b. Struktur organisasi perusahaan.
- c. Sejarah perusahaan. (*Layout* PT. Pacific Medan Industri dapat dilihat pada lampiran 4)

3.9. Pengolahan Data

Pada bagian ini akan dilakukan pengolahan lebih lanjut terhadap data yang telah dikumpulkan guna mendapatkan hasil dari suatu penelitian. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *six sigma* dengan tahapan-tahapan berikut:

1. Tahap *Define* (Perumusan)

Tahap ini bertujuan untuk menentukan atau mendefenisikan sebuah masalah, menetapkan persyaratan-persyaratan pelanggan. Kemudian merumuskan apa saja

yang harus dilakukan untuk menetapkan masalah dan mengukur masalah yang sering terjadi dengan tujuan agar dapat mengambil langkah yang efektif untuk mengurangi produk cacat.

2. Tahap *Measure* (Pengukuran)

Setelah menemukan garis besar masalah (*CTQ*) kemudian mengukur masalah yang sering terjadi dengan menggunakan data perbandingan produksi botol 1L dibandingkan dengan persentase kecacatan yang terjadi. Hal ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana efektivitas perusahaan untuk mengurangi produk cacat.

3. Tahap *Analysis* (Analisis)

Dimana hasil yang diperoleh dari fase ini adalah berupa informasi atau pernyataan mengenai sebab-sebab terjadinya cacat yang harus segera diperbaiki. Fokus pada fase ini adalah pertanyaan mengapa cacat, kesalahan atau variasi yang berlebihan terjadi. Alat yang digunakan untuk menganalisis adalah diagram tulang ikan, dengan menggunakan dua alat analisis ini dapat diketahui kecacatan yang sering terjadi dan faktor penyebab kecacatan sehingga dapat mengetahui mengapa terjadi kecacatan.

4. Tahap *Improve* (Perbaikan)

Tahap perbaikan merupakan tahap penentuan tindakan-tindakan perbaikan yang ditujukan untuk mengurangi akar permasalahan sehingga bisa menghasilkan peningkatan yang signifikan terkait pengurangan produk cacat.

5. Tahap *Control* (Pengendalian)

Setelah hasil *analysis* dan *improve* perlu dibuat sistem dengan tujuan mengendalikan proses agar tidak terulang kesalahan yang sama dan juga untuk meningkatkan kapabilitas proses menuju target *six sigma*.

3.10. Kesimpulan dan Saran

Langkah akhir yang dilaksanakan adalah penarikan kesimpulan yang berisi hal-hal penting dalam penelitian tersebut dan pemberian saran untuk penelitian selanjutnya bagi peneliti yang ingin mengembangkan penelitian ini secara lebih mendalam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil dari perhitungan DPMO sebesar 52.604,16 dengan nilai sigma 3,12 dengan standart *six sigma* sebesar 3.4. Sehingga nilai sigma dari penelitian masih dalam standar *six sigma*.
2. Terdapat empat jenis kecacatan dalam produksi botol 1L yang berpengaruh terhadap jumlah produksi dan kualitas produk botol 1L. Jenis Kecacatan pada botol 1L yaitu:
 - a. Botol Pecah
Dari diagram pareto dapat disimpulkan persentase kecacatan sebesar 54,85% dari 1010 total cacat. Sehingga kecacatan botol pecah sangat focus untuk diminimalisir (Kategori A).
 - b. Botol Miring
Dari diagram pareto dapat disimpulkan persentase kecacatan sebesar 38,71% dari 1010 total cacat. Sehingga kecacatan botol pecah sangat fokus untuk diminimalisir (Kategori B).
 - c. Warna Botol Tidak Standart
Dari diagram pareto dapat disimpulkan persentase kecacatan sebesar 3.96% dari 1010 total cacat (Kategori C).
 - d. Botol Bocor
Dari diagram pareto dapat disimpulkan persentase kecacatan sebesar 2,48% dari 1010 total cacat.
3. Faktor-faktor penyebab kecacatan pada botol 1L yaitu:
 - a. Kurangnya pengawasan terhadap formula komposisi bahan baku.
 - b. Kondisi Mesin yang sudah aus dan berumur dan kurangnya pengecekan mesin dan perawatan mesin secara berkala.

- c. Kelalaian operator serta kurangnya keterampilan operator dalam mengendalikan prosedur kerja.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah:

1. Berdasarkan hasil diagram pareto kecacatan yang paling besar yaitu botol pecah dan botol tidak berdiri tegak, maka perlu disarankan agar lebih selektif dalam pengecekan bahan baku dan lebih mengutamakan SOP yang berlaku.
2. Dari kecacatan botol pecah dan botol tidak berdiri tegak perlu disarankan agar lebih meningkatkan perawatan mesin dan pengecekan temperatur mesin agar tetap sesuai standart yang diinginkan.
3. Meningkatkan kinerja produksi dalam pengendalian kualitas dengan menerapkan metode *six sigma*.
4. Perusahaan diharapkan dapat memberikan training kepada setiap karyawan dalam meningkatkan kompetensi kinerja masing-masing karyawan.
5. Memberikan penghargaan kepada karyawan yang berprestasi sehingga dapat meningkatkan motivasi kerja setiap karyawan.

DAFTAR PUSTAKA

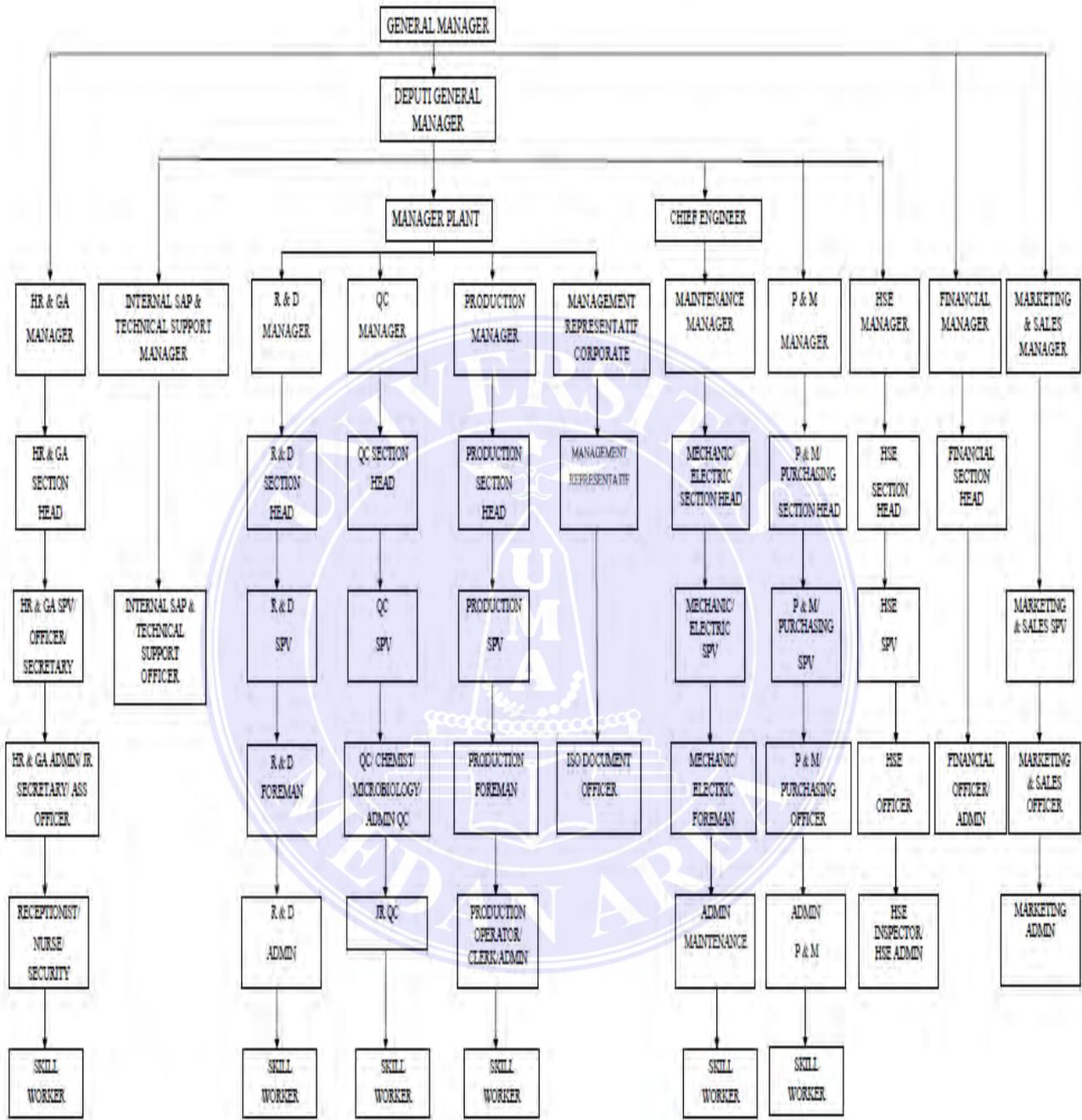
- Besterfield, D. H. 1994. *Quality Control*. New Jersey: Pearson.
- Feigenbaum, A. V. 1992. *Kendali Mutu Terpadu*. Jakarta: Erlangga.
- Gaspersz, V. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001, 2002, MBNQA dan HACCP*.
- Ginting, R. 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hendy, Tannady. 2015. *Pengendalian kualitas six sigma*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muis, S. 2011. *Metodologi Six Sigma (Menciptakan Kualitas Produk Kelas Dunia) Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nasution, A. H. 1990. *Perencanaan dan Pengendalian Proses Produksi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Rahman, Adhi. 2010. Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode FMEA (bagian Produksi CV Essen), **Jurnal Teknik Industri**. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Safrijal, 2016. Pengendalian Kualitas dengan metode *Six Sigama*, *Jurnal Manajemen Dan Keuangan*, Vol.5, No.2
- Schermerhorn. 2003. *Filosofi pengendalian kualitas dengan metode six sigma*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Sukania, I Wayan, Anita Stacia, Hanny Natalia, Devianna Mariam dan Tri Multi. 2013. Pengendalian Kualitas Produk Consumer Goods (Studi Kasus di Royal Bakery). **Jurnal Tarumanegara**. journal.tarumanegara.ac.id, Hal 1-9 .
- Tia Zhalina Santosa, Mochamad Choiri, Nasir Windha Setyanto. 2011. Peningkatan Kualitas Rokok Sigaret Kretek Tangan (SKT) Dengan Metode Six Sigma. *Jurnal Universitas Brawijaya*: Malang

Yamit, Zulian. 2005. *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa*. Penerbit Ekonisia: Yogyakarta

Sugiyono, (2014). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif. Dan R&D*, Bandung: Alfabeta



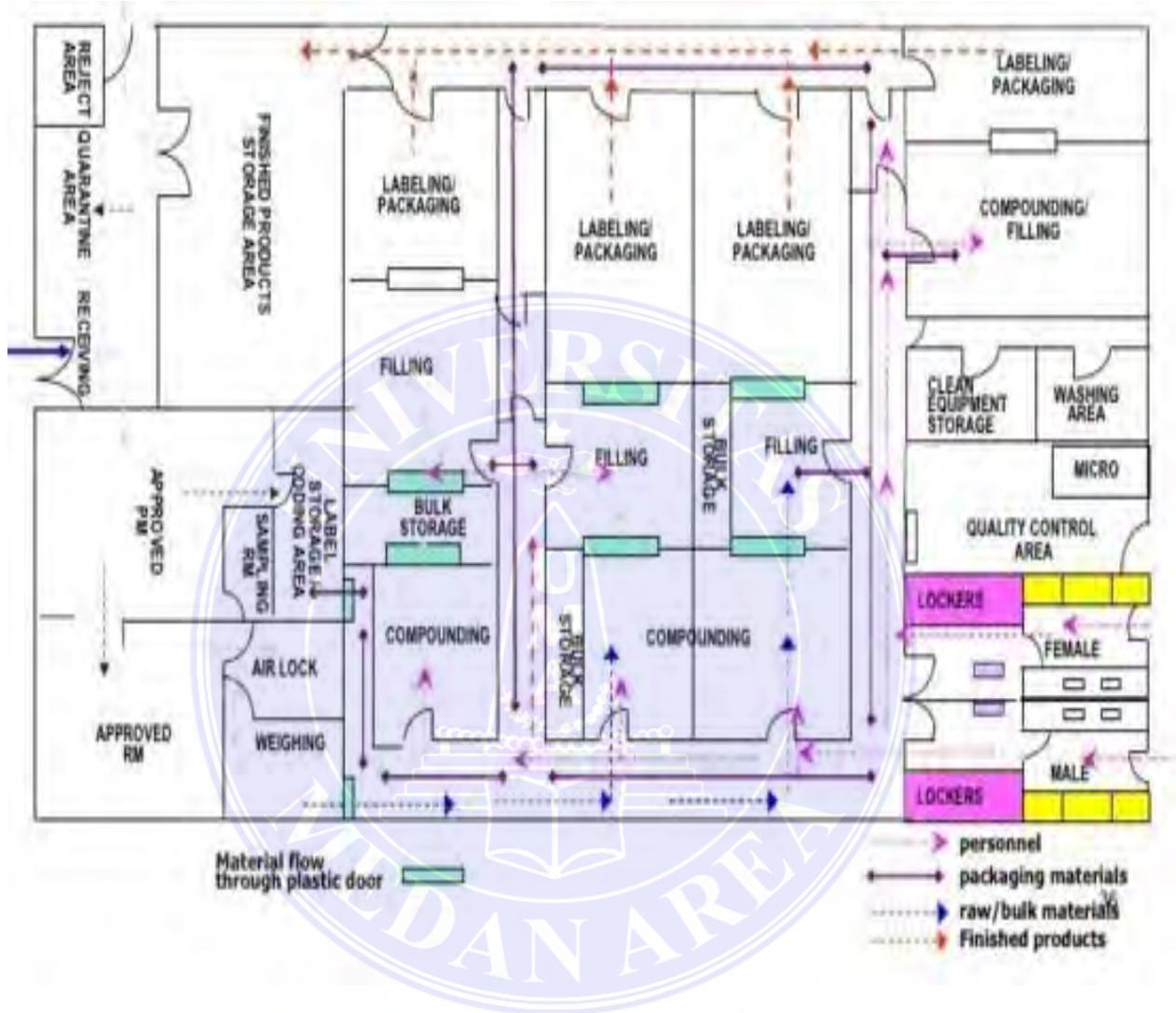
FLOW CHART STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN PT. PASIFIC MEDAN INDUSTRI



CONTROLLED COPY

LAMPIRAN 2

TATA LETAK PABRIK PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI



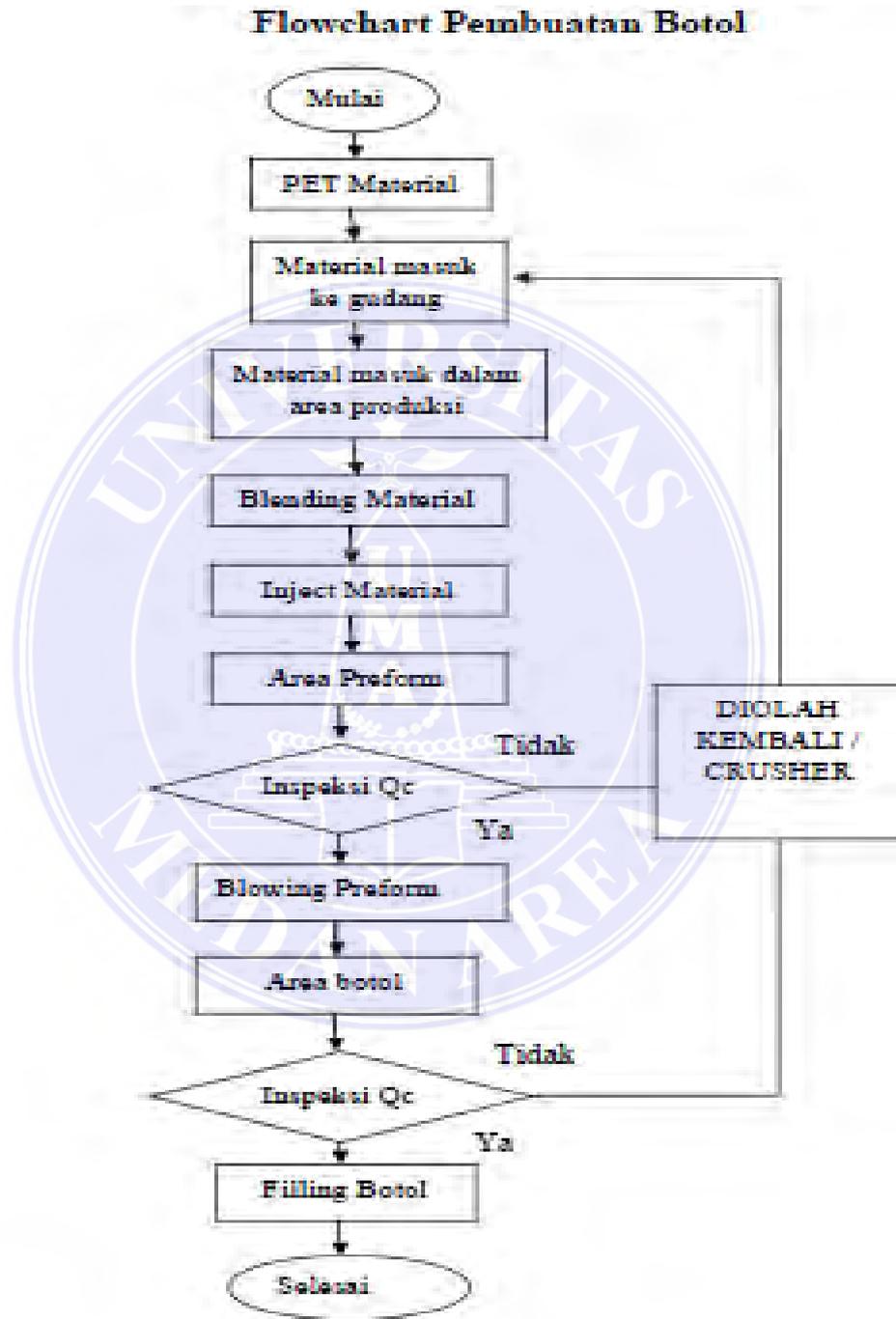
Lampiran 3

PERAWATAN MESIN SIPA

Tanggal	EQUIPMENT	ACTUAL	STANDART	CHECKED BY	MINGGU
03.03.19	Chiller	13 – 15 °C	8 – 11 °C	Supriady	pertama
03.03.19	Heater m/c Sipa	20 – 40 °C	36 – 40 °C	Supriady	pertama
03.03.19	Pressure Compressor	34 – 40 Bar	30 – 32 Bar	Supriady	pertama
03.03.19	Oli Mesin	2 bulan	5 bulan	Supriady	-



LAMPIRAN 4
FLOWCHART PEMBUATAN BOTOL



LAMPIRAN
Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola

Nilai Sigma	DPMO						
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.388	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.583	0,53	833.977	1,04	677.342	1,55	480.061
0,03	929.279	0,54	831.472	1,05	673.845	1,56	476.078
0,04	927.975	0,55	828.944	1,06	670.331	1,57	472.097
0,05	926.671	0,56	826.391	1,07	666.802	1,58	468.119
0,06	925.366	0,57	823.814	1,08	663.257	1,59	464.144
0,07	924.061	0,58	821.214	1,09	659.697	1,60	460.172
0,08	922.756	0,59	818.589	1,10	656.122	1,61	456.203
0,09	921.451	0,60	815.940	1,11	652.532	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.927	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	645.309	1,64	444.330
0,12	916.229	0,63	807.850	1,14	641.676	1,65	440.382
0,13	914.622	0,64	805.106	1,15	638.031	1,66	436.441
0,14	913.015	0,65	802.338	1,16	634.372	1,67	432.505
0,15	911.408	0,66	799.546	1,17	630.700	1,68	428.576
0,16	909.801	0,67	796.731	1,18	627.016	1,69	424.653
0,17	908.194	0,68	793.892	1,19	623.319	1,70	420.740
0,18	906.587	0,69	791.030	1,20	619.611	1,71	416.834
0,19	904.980	0,70	788.145	1,21	615.892	1,72	412.936
0,20	903.373	0,71	785.236	1,22	612.161	1,73	409.046
0,21	901.766	0,72	782.304	1,23	608.420	1,74	405.163
0,22	900.159	0,73	779.350	1,24	604.668	1,75	401.284
0,23	898.552	0,74	776.373	1,25	600.906	1,76	397.412
0,24	896.945	0,75	773.373	1,26	597.133	1,77	393.548
0,25	895.338	0,76	770.350	1,27	593.350	1,78	389.693
0,26	893.731	0,77	767.305	1,28	589.556	1,79	385.848
0,27	892.124	0,78	764.238	1,29	585.751	1,80	382.010
0,28	890.517	0,79	761.148	1,30	581.936	1,81	378.178
0,29	888.910	0,80	758.036	1,31	578.111	1,82	374.353
0,30	887.303	0,81	754.901	1,32	574.276	1,83	370.533
0,31	885.696	0,82	751.744	1,33	570.431	1,84	366.718
0,32	884.089	0,83	748.565	1,34	566.576	1,85	362.908
0,33	882.482	0,84	745.363	1,35	562.711	1,86	359.103
0,34	880.875	0,85	742.138	1,36	558.836	1,87	355.303
0,35	879.268	0,86	738.891	1,37	554.951	1,88	351.508
0,36	877.661	0,87	735.622	1,38	551.056	1,89	347.718
0,37	876.054	0,88	732.331	1,39	547.151	1,90	343.933
0,38	874.447	0,89	729.018	1,40	543.236	1,91	340.153
0,39	872.840	0,90	725.683	1,41	539.311	1,92	336.378
0,40	871.233	0,91	722.326	1,42	535.376	1,93	332.608
0,41	869.626	0,92	718.947	1,43	531.431	1,94	328.843
0,42	868.019	0,93	715.546	1,44	527.476	1,95	325.083
0,43	866.412	0,94	712.123	1,45	523.511	1,96	321.328
0,44	864.805	0,95	708.678	1,46	519.536	1,97	317.578
0,45	863.198	0,96	705.211	1,47	515.551	1,98	313.833
0,46	861.591	0,97	701.722	1,48	511.556	1,99	310.093
0,47	860.084	0,98	698.211	1,49	507.551	2,00	306.358
0,48	858.477	0,99	694.678	1,50	503.536	2,01	302.628
0,49	856.870	1,00	691.123	1,51	499.511	2,02	298.903
0,50	855.263	1,01	687.546	1,52	495.476	2,03	295.183

Sumber: nilai-nilai diangkarkan menggunakan program sheet: Vincenti (Superex (2002))

Konversi DPMD ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMD	Nilai Sigma	DPMD	Nilai Sigma	DPMD	Nilai Sigma	DPMD
2,04	294.598	2,35	146.839	3,06	56.380	3,37	19.226
2,05	291.160	2,36	144.572	3,07	56.208	3,38	18.763
2,06	287.740	2,37	142.310	3,08	57.033	3,39	18.309
2,07	284.339	2,38	140.071	3,09	55.917	3,40	17.864
2,08	280.957	2,39	137.857	3,10	54.799	3,41	17.429
2,09	277.595	2,40	135.666	3,11	53.699	3,42	17.003
2,10	274.253	2,41	133.500	3,12	52.616	3,43	16.586
2,11	270.931	2,42	131.357	3,13	51.551	3,44	16.177
2,12	267.629	2,43	129.238	3,14	50.503	3,45	15.776
2,13	264.347	2,44	127.143	3,15	49.471	3,46	15.386
2,14	261.086	2,45	125.072	3,16	48.457	3,47	15.003
2,15	257.846	2,46	123.024	3,17	47.460	3,48	14.629
2,16	254.627	2,47	121.001	3,18	46.479	3,49	14.262
2,17	251.429	2,48	119.000	3,19	45.514	3,50	13.903
2,18	248.252	2,49	117.023	3,20	44.565	3,51	13.553
2,19	245.097	2,50	115.070	3,21	43.633	3,52	13.209
2,20	241.964	2,51	113.140	3,22	42.716	3,53	12.874
2,21	238.852	2,52	111.233	3,23	41.815	3,54	12.545
2,22	235.762	2,53	109.349	3,24	40.929	3,55	12.224
2,23	232.693	2,54	107.488	3,25	40.059	3,56	11.911
2,24	229.645	2,55	105.650	3,26	39.204	3,57	11.604
2,25	226.627	2,56	103.835	3,27	38.364	3,58	11.304
2,26	223.637	2,57	102.042	3,28	37.538	3,59	11.011
2,27	220.666	2,58	100.273	3,29	36.727	3,60	10.724
2,28	217.714	2,59	98.528	3,30	35.930	3,61	10.444
2,29	214.781	2,60	96.801	3,31	35.148	3,62	10.170
2,30	211.868	2,61	95.099	3,32	34.379	3,63	9.903
2,31	208.975	2,62	93.418	3,33	33.625	3,64	9.642
2,32	206.108	2,63	91.759	3,34	32.884	3,65	9.387
2,33	203.268	2,64	90.123	3,35	32.157	3,66	9.137
2,34	200.454	2,65	88.508	3,36	31.443	3,67	8.894
2,35	197.662	2,66	86.915	3,37	30.742	3,68	8.656
2,36	194.894	2,67	85.344	3,38	30.054	3,69	8.424
2,37	192.150	2,68	83.793	3,39	29.379	3,70	8.198
2,38	189.430	2,69	82.264	3,40	28.716	3,71	7.976
2,39	186.733	2,70	80.757	3,41	28.067	3,72	7.759
2,40	184.060	2,71	79.270	3,42	27.429	3,73	7.546
2,41	181.411	2,72	77.804	3,43	26.803	3,74	7.344
2,42	178.786	2,73	76.359	3,44	26.190	3,75	7.143
2,43	176.186	2,74	74.934	3,45	25.588	3,76	6.947
2,44	173.609	2,75	73.529	3,46	24.998	3,77	6.756
2,45	171.056	2,76	72.143	3,47	24.419	3,78	6.569
2,46	168.528	2,77	70.781	3,48	23.852	3,79	6.387
2,47	166.023	2,78	69.437	3,49	23.295	3,80	6.210
2,48	163.543	2,79	68.112	3,50	22.750	3,81	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.215	3,82	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	3,83	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	3,84	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	3,85	5.386
2,53	151.503	3,04	61.780	3,55	20.182	3,86	5.234
2,54	149.173	3,05	60.571	3,56	19.699	3,87	5.085

Sumber: nilai-nilai dianggotikan menggunakan program oleh: Vincent (Asperis, 2002)

Konversi DFMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

Nilai Sigma	DFMO	Nilai Sigma	DFMO	Nilai Sigma	DFMO	Nilai Sigma	DFMO
4,08	4940	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	451	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	2,255	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		
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 dihangatkan menggunakan program oleh: Vincent (Superix) (2002)

Catatan: Tabel konversi ini mencakup pengkonversian 1,5-sigma untuk semua nilai Z.