

PENINGKATAN KUALITAS PROSES PRODUKSI
ASPHALT MIXING PLANT (AMP) DI PT BUKAKA TEKNIK
UTAMA UNTUK MENGURANGI JUMLAH *DEFECT*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA*

SKRIPSI

RAMON FAUZAN
04 04 077098



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2008

Universitas Indonesia

PENINGKATAN KUALITAS PROSES PRODUKSI
ASPHALT MIXING PLANT (AMP) DI PT BUKAKA TEKNIK
UTAMA UNTUK MENGURANGI JUMLAH *DEFECT*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

RAMONFAUZAN
04 04 077098



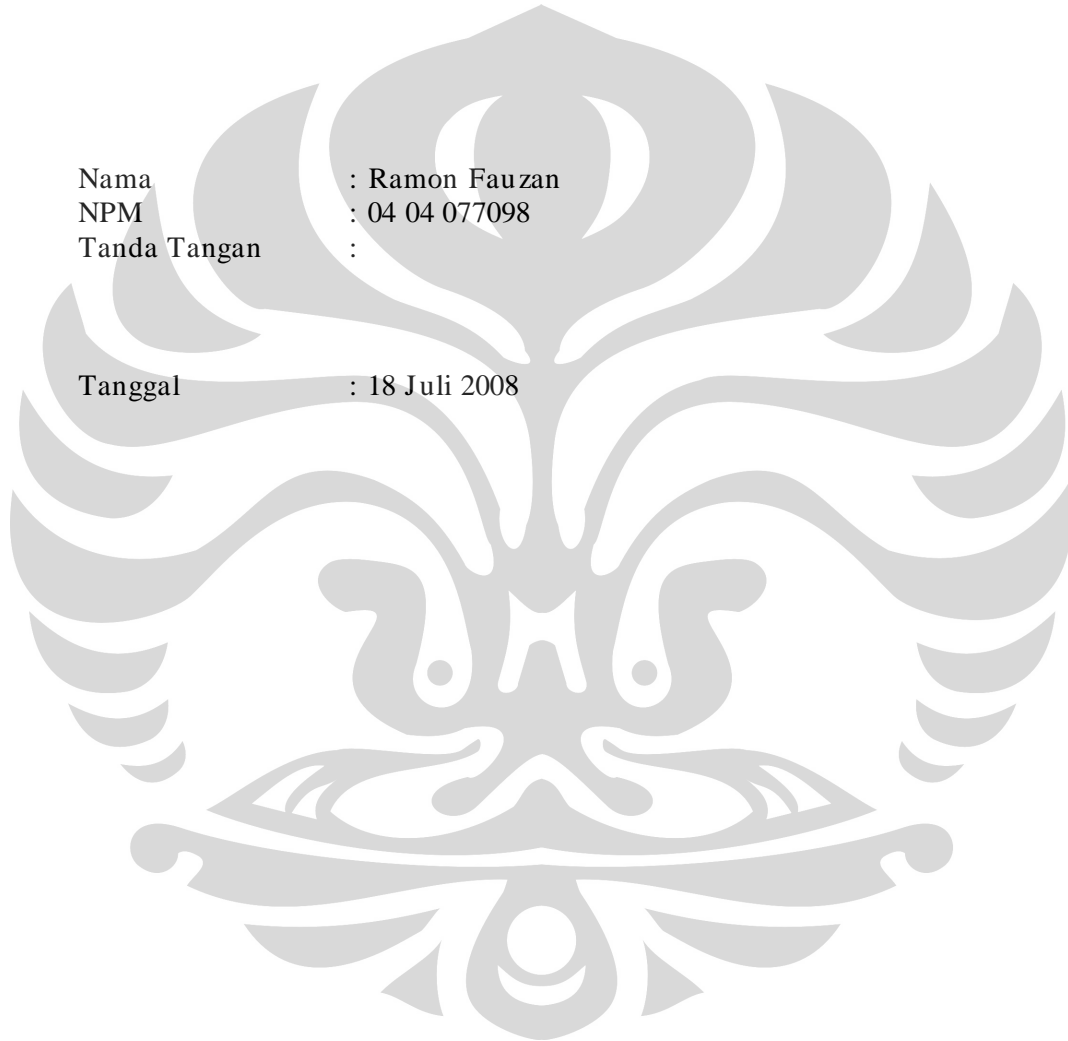
UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2008

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ramon Fauzan
NPM : 04 04 077098
Tanda Tangan :

Tanggal : 18 Juli 2008



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ramon Fauzan
NPM : 0404077098
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Peningkatan Kualitas Proses Produksi *Asphalt Mixing Plant* (AMP) di PT Bukaka Teknik Utama untuk Mengurangi Jumlah *Defect* dengan Menggunakan Metode *Six Sigma*

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Isti Surjandari, MT., MA., Ph.D (.....)
Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo M., MSIE (.....)
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 18 Juli 2008

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Ramon Fauzan
NPM : 0404077098
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non- Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENINGKATAN PROSES PRODUKSI ASPHALT MIXING PLANT (AMP)
DI PT BUKAKA TEKNIK UTAMA UNTUK MENGURANGI JUMLAH
DEFECT DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA**

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 18 Juli 2008
Yang menyatakan

(Ramon Fauzan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana teknik di Fakultas Teknik Universitas Indonesia. penulis menyadari tanpa bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan berjalan dengan lancar. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Isti Surjandari, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, masukan, kritik dan saran kepada penulis dalam pengerjaan skripsi
2. Ibu Sofiah, Bapak Rosadi Nurdin, Bapak Erli dari PT Bukaka atas bantuan dan waktu yang diberikan kepada penulis
3. Bapak Ir. Hidayatno, MBT selaku dosen pembimbing akademik serta seluruh staf pengajar Departemen Teknik Industri UI
4. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa dan menjadi sumber motivasi bagi penulis
5. Dawi, Ifoe, dan Willy atas pertemanan dan kerjasama selama empat tahun di TI yang sangat menyenangkan
6. Aditya, Amy, Cinde, Deny, Diar LVP, Erica, Hanifa atas kebersamaan selama penyusunan skripsi ini serta
7. Semua teman-teman Teknik Industri angkatan 2004 atas kekompakannya

Akhir kata, semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi kita semua dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 28 Juni 2008

Penulis

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Ramon Fauzan
Program studi : Teknik Industri
Judul : Peningkatan Kualitas Proses Produksi *Asphalt Mixing Plant* (AMP) di PT Bukaka Teknik Utama untuk Mengurangi Jumlah *Defect* dengan Menggunakan Metode *Six Sigma*

PT Bukaka Teknik Utama sebagai pemimpin pasar penyediaan alat-alat konstruksi jalan raya di Indonesia mulai mendapatkan persaingan dari kompetitor. Untuk mempertahankan pangsa pasar, PT Bukaka harus meningkatkan kinerja dan kualitas produk yang dihasilkannya. Salah satu metode peningkatan kualitas yang sering digunakan adalah *six sigma* dengan pendekatan *Define-Measure-Analyze-Improve-Control* (DMAIC). *Six sigma* memungkinkan perusahaan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi, kapabilitas proses, penyebab terjadinya variasi, serta rencana yang akan dilakukan untuk mengurangi penyebab variasi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses memiliki kapabilitas sebesar 3 sigma. Peningkatan kapabilitas proses dilakukan dengan mengidentifikasi penyebab kegagalan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan menerapkan perbaikan terhadap penyebab yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi.

Kata kunci:
Peningkatan Kualitas, Six Sigma, Variasi, AMP

ABSTRACT

Name : Ramon Fauzan
Department : Industrial Engineering
Title : Asphalt Mixing Plant (AMP) Manufacturing Process Quality Improvement in PT Bukaka Teknik Utama to Reduce Number of Defects by Applying Six Sigma Method

PT Bukaka Teknik Utama as market leader in providing road construction equipment getting serious threat from competitors. To maintain market share, PT Bukaka have to improve their performance and product their produced. There are many quality improvement methods that can be used, one of them is six sigma with Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) approach. *Six sigma* stages enable companies to identify the problem, measure current process capability, identify potential causes of variation, and helps companies to arrange the action plans to reduce the failure modes. Study result shows that process has 3 sigma level of capability which is need an improvement. Process capability improvement was started with identified potential causes by using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methods and applied action plans to failure mode with highest Risk Priority Number (RPN) rank.

Kata kunci:
Quality Improvement, Six Sigma, Variasi, AMP

DAFTAR ISI

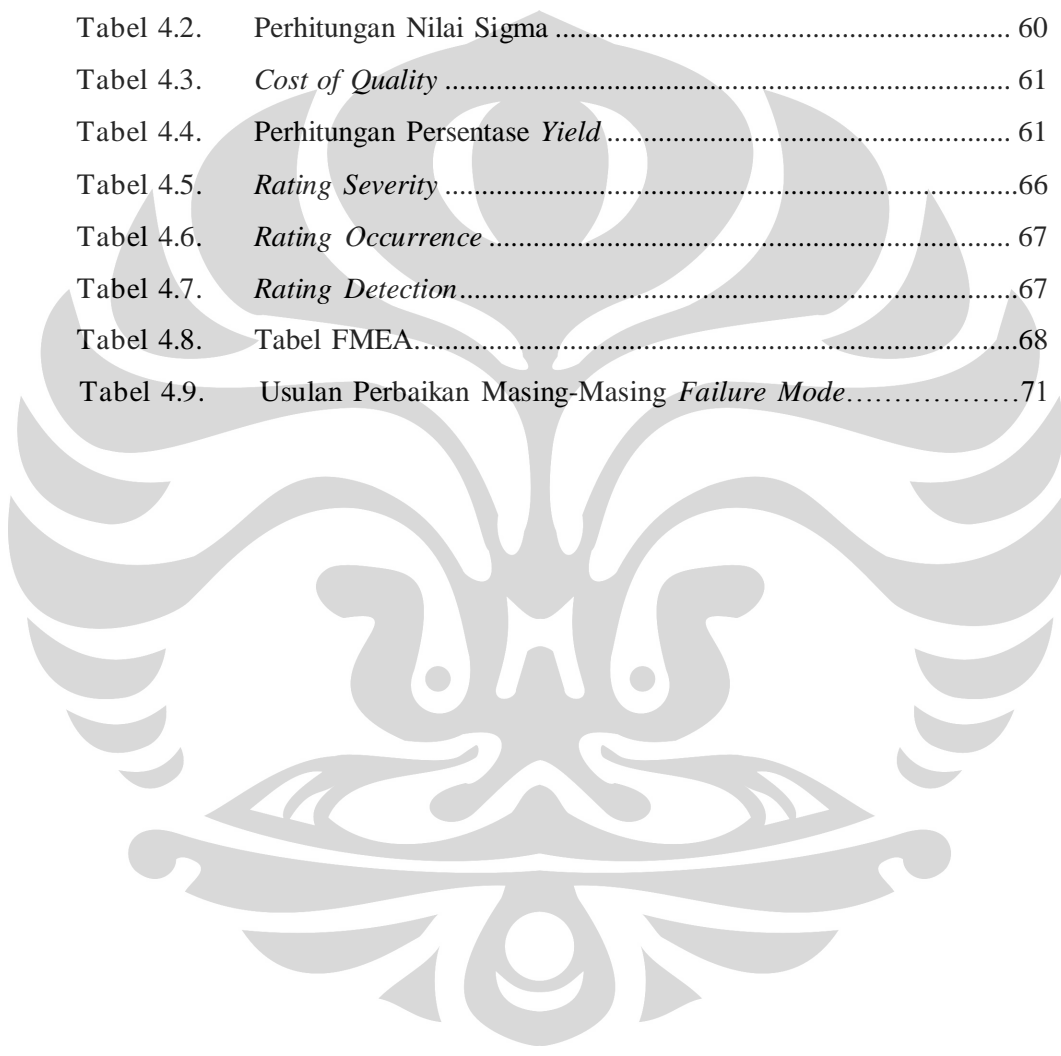
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENG ESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	
ABSTRAK.....	
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR.....	
DAFTAR RUMUS.....	
1. PENDAHULUAN.....	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	2
1.3 Perumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
2. DASAR TEORI	
2.1 Six Sigma	8
2.1.1 Definisi <i>Six Sigma</i>	8
2.1.2 Keuntungan <i>Six Sigma</i>	9
2.1.3 Tahap <i>Six Sigma</i>	10

2.1.3.1	Tahap <i>Define</i>	10
2.1.3.2	Tahap <i>Measure</i>	11
2.1.3.3	Tahap <i>Analyze</i>	13
2.1.3.4	Tahap <i>Improve</i>	13
2.1.3.5	Tahap <i>Control</i>	14
2.1.4	Alat-alat Kualitas dalam <i>Six Sigma</i>	14
2.1.4.1	Diagram Pareto	15
2.1.4.2	<i>Critical to Quality (CTQ)</i>	16
2.1.4.3	Diagram SIPOC	16
2.1.4.4	Bagan Kendali (<i>Control Chart</i>)	17
2.1.4.5	Diagram Sebab-Akibat (<i>Cause and Effect Diagram</i>)	18
2.2	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	20
2.2.1	Sejarah dan Definisi FMEA	20
2.2.2	Jenis-Jenis FMEA	21
2.2.2.1	<i>System FMEA (SFMEA)</i>	21
2.2.2.2	<i>Design FMEA (DFMEA)</i>	22
2.2.2.3	<i>Process FMEA (PFMEA)</i>	22
2.2.3	Manfaat Penerapan FMEA	23
2.2.4	Langkah-langkah FMEA	23
2.2.5	Hasil Keluaran FMEA	24
2.2.6	Interpretasi FMEA	25
3.	PENGUMPULAN DATA	28
3.1	Profil Perusahaan	28
3.2	Divisi Road Construction Equipment (RCE)	31
3.2.1	Struktur Organisasi RCE	31
3.2.2	Produk yang dihasilkan unit usaha RCE	31
3.3	Asphalt Mixing Plant (AMP)	34
3.3.1	Tipe AMP	34
3.3.2	Bagian Utama AMP	36

3.3.2.1	Bin Dingin (Cold Bins).....	37
3.3.2.2	Pengering (Dryer).....	38
3.3.2.3	Pengumpul Debu (Dust Collector).....	39
3.3.2.4	Unit Ayakan (Screening Unit).....	40
3.3.2.5	Bin Panas (Hot Bins).....	41
3.3.2.6	Timbangan (Weight Box).....	42
3.3.2.7	Mixing Unit / Pugmill.....	43
3.3.3	Proses Produksi AMP.....	44
3.4	Defect.....	45
4.	PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS.....	48
4.1	Tahap <i>Define</i>	48
4.1.1	Mengidentifikasi Masalah.....	48
4.1.2	Mengidentifikasi Karakteristik CTQ.....	50
4.1.3	Memetakan Proses.....	51
4.2	Tahap <i>Measure</i>	52
4.2.1	Uji Kecukupan Data.....	52
4.2.2	Studi Kapabilitas Proses.....	53
4.2.2.1	Diagram Kendali (<i>Control Chart</i>).....	53
4.2.2.2	Kapabilitas Proses.....	56
4.3	Tahap <i>Analyze</i>	62
4.3.1	Mengidentifikasi penyebab-penyebab potensial.....	62
4.3.2	Mengidentifikasi <i>Failure Mode</i>	64
4.3.3	Menghitung <i>Risk Priority Number (RPN)</i>	66
4.4	Tahap <i>Improve</i>	70
5.	KESIMPULAN.....	72
	DAFTAR PUSTAKA.....	74

DAFTAR TABEL

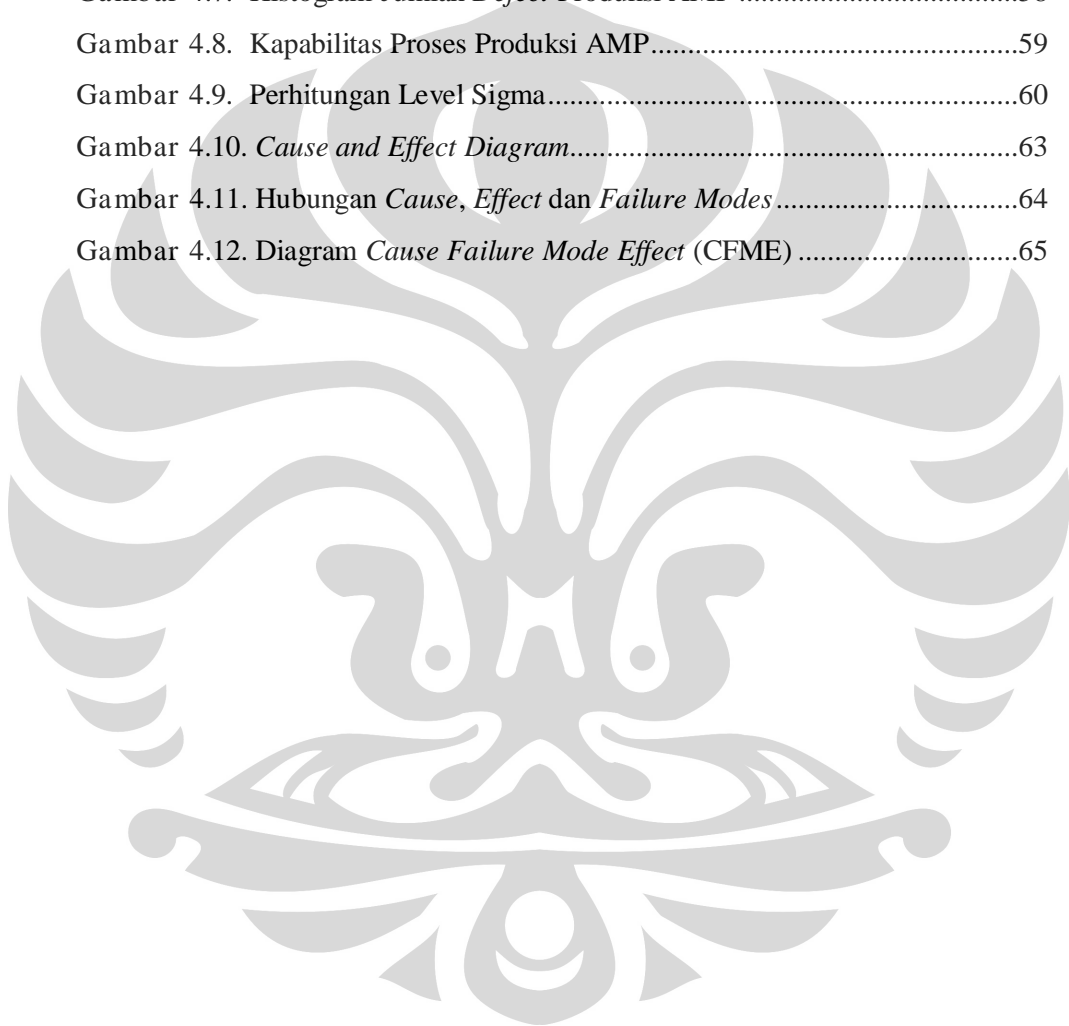
Table 2.1.	Contoh Tabel FMEA.....	24
Tabel 2.2.	Pedoman (Kriteria) Untuk Penilaian Proses	26
Tabel 3.1.	Rekapitulasi Jumlah <i>Defect</i>	46
Tabel 4.1.	Rekapitulasi Jumlah <i>Defect</i> Berdasarkan Jenisnya.....	48
Tabel 4.2.	Perhitungan Nilai Sigma	60
Tabel 4.3.	<i>Cost of Quality</i>	61
Tabel 4.4.	Perhitungan Persentase <i>Yield</i>	61
Tabel 4.5.	<i>Rating Severity</i>	66
Tabel 4.6.	<i>Rating Occurrence</i>	67
Tabel 4.7.	<i>Rating Detection</i>	67
Tabel 4.8.	Tabel FMEA.....	68
Tabel 4.9.	Usulan Perbaikan Masing-Masing <i>Failure Mode</i>	71



DAFTAR GAMBAR

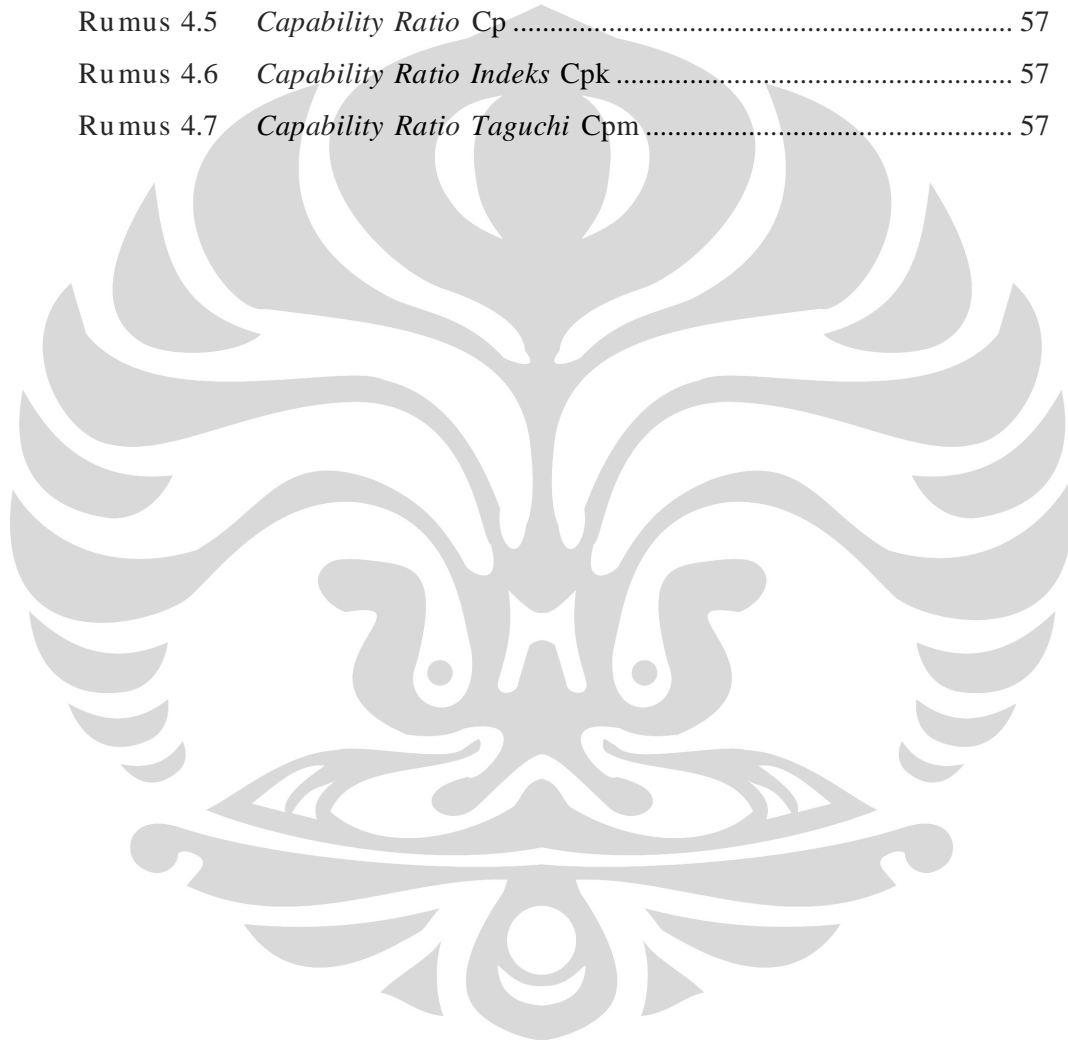
Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah	2
Gambar 1.2. Metodologi Penelitian.....	5
Gambar 2.1. Contoh Diagram Pareto	16
Gambar 2.2. Contoh Bagan Kendali	17
Gambar 2.3. Contoh Proses di Luar Kendali	18
Gambar 2.4. Contoh Diagram Sebab-Akibat	19
Gambar 2.5. Jenis-jenis <i>FMEA</i>	22
Gambar 2.6. Rating <i>FMEA</i>	27
Gambar 3.1. Struktur Organisasi RCE.....	31
Gambar 3.2. Bukaka <i>Asphalt Mixing Plant</i> (BAMP)	31
Gambar 3.3. Bukaka <i>Asphalt Patch Mix</i> (BAPM).....	32
Gambar 3.4. Bukaka <i>Asphalt Sprayer</i> (BAS)	32
Gambar 3.5. Bukaka <i>Road Roller</i> (BRR).....	33
Gambar 3.6. Bukaka <i>Tandem Vibratory Roller</i> (BTVR).....	33
Gambar 3.7. <i>Stone Crushing Plant</i> (BSC)	34
Gambar 3.8. <i>Road Maintenance Truck</i> (BRMT-3).....	34
Gambar 3.9. AMP Tipe <i>Batch</i> (Timbangan).....	35
Gambar 3.10. AMP Tipe <i>Continuous</i>	35
Gambar 3.11. AMP Tipe <i>Drum-Mix</i>	35
Gambar 3.12. AMP Tipe <i>Batch</i>	36
Gambar 3.13. Bin Dingin.....	37
Gambar 3.14. Pengering (<i>Dryer</i>).....	38
Gambar 3.15. Pengumpul Debu (<i>Dust Collector</i>).....	39
Gambar 3.16. Dua Tipe Pengumpul Debu (<i>Dust Collector</i>).....	40
Gambar 3.17. Unit Ayakan (<i>Screening Unit</i>).....	40
Gambar 3.18. Susunan Saringan Pada <i>Screening Unit</i>	41
Gambar 3.19. Bin Panas (<i>Hot Bins</i>)	41
Gambar 3.20. Timbangan (<i>Weight Box</i>).....	42
Gambar 3.21. Bagian Dalam <i>Mixing Unit / Pugmill</i>	43
Gambar 3.22. <i>Flow Chart</i> Proses Produksi AMP	44

Gambar 4.1. Diagram Pareto Jenis Cacat	50
Gambar 4.2. Diagram CTQ	51
Gambar 4.3. Diagram SIPOC	52
Gambar 4.4. <i>Control Chart</i>	55
Gambar 4.5. <i>Control Chart</i>	55
Gambar 4.6. <i>In-Control and Capable Process</i>	56
Gambar 4.7. Histogram Jumlah <i>Defect</i> Produksi AMP	58
Gambar 4.8. Kapabilitas Proses Produksi AMP	59
Gambar 4.9. Perhitungan Level Sigma	60
Gambar 4.10. <i>Cause and Effect Diagram</i>	63
Gambar 4.11. Hubungan <i>Cause, Effect</i> dan <i>Failure Modes</i>	64
Gambar 4.12. Diagram <i>Cause Failure Mode Effect</i> (CFME)	65



DAFTAR RUMUS

Rumus 4.1	Uji Kecukupan Data.....	53
Rumus 4.2	UCL C Chart.....	54
Rumus 4.3	LCL C Chart	54
Rumus 4.4	C Chart	54
Rumus 4.5	Capability Ratio Cp.....	57
Rumus 4.6	Capability Ratio Indeks Cpk.....	57
Rumus 4.7	Capability Ratio Taguchi Cpm.....	57



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini pembangunan sarana transportasi di Indonesia menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Salah satu contohnya adalah pembangunan jalan raya sebagai alternatif utama transportasi darat. Setiap daerah di Indonesia mulai melakukan pembenahan karena tidak bisa dipungkiri bahwa transportasi memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan ekonomi suatu wilayah. Semakin lancar sarana transportasi di suatu wilayah semakin lancar juga semua aktivitas di wilayah tersebut. Untuk membuat jalan raya yang tidak mudah rusak dan kokoh diperlukan peralatan yang berkualitas tinggi. PT Bukaka Teknik Utama (BTU) yang berlokasi di Cileungsi, sejak tahun 1978 telah memproduksi peralatan-peralatan konstruksi jalan raya dan alat berat lainnya untuk pasar domestik dengan kualitas yang sangat baik. Bisa dikatakan PT Bukaka merupakan pemimpin pasar alat-alat konstruksi jalan raya di Indonesia.

Namun, banyaknya kompetitor dan persaingan yang semakin kompetitif antar pelaku bisnis menyebabkan konsumen memiliki banyak pilihan terhadap produk dan jasa. Hal ini menuntut pelaku bisnis untuk menyediakan produk atau layanan dengan kualitas terbaik untuk mendapatkan *market share* yang paling besar. Dalam penyediaan alat-alat berat dan konstruksi jalan raya, PT Bukaka tidak hanya bersaing dengan kompetitor dalam negeri tetapi juga harus bersaing dengan kompetitor luar negeri seperti Cina, Jepang dan lain-lain. Untuk mempertahankan *market share*, PT Bukaka harus menjaga sekaligus meningkatkan kualitas produk yang dihasilkannya.

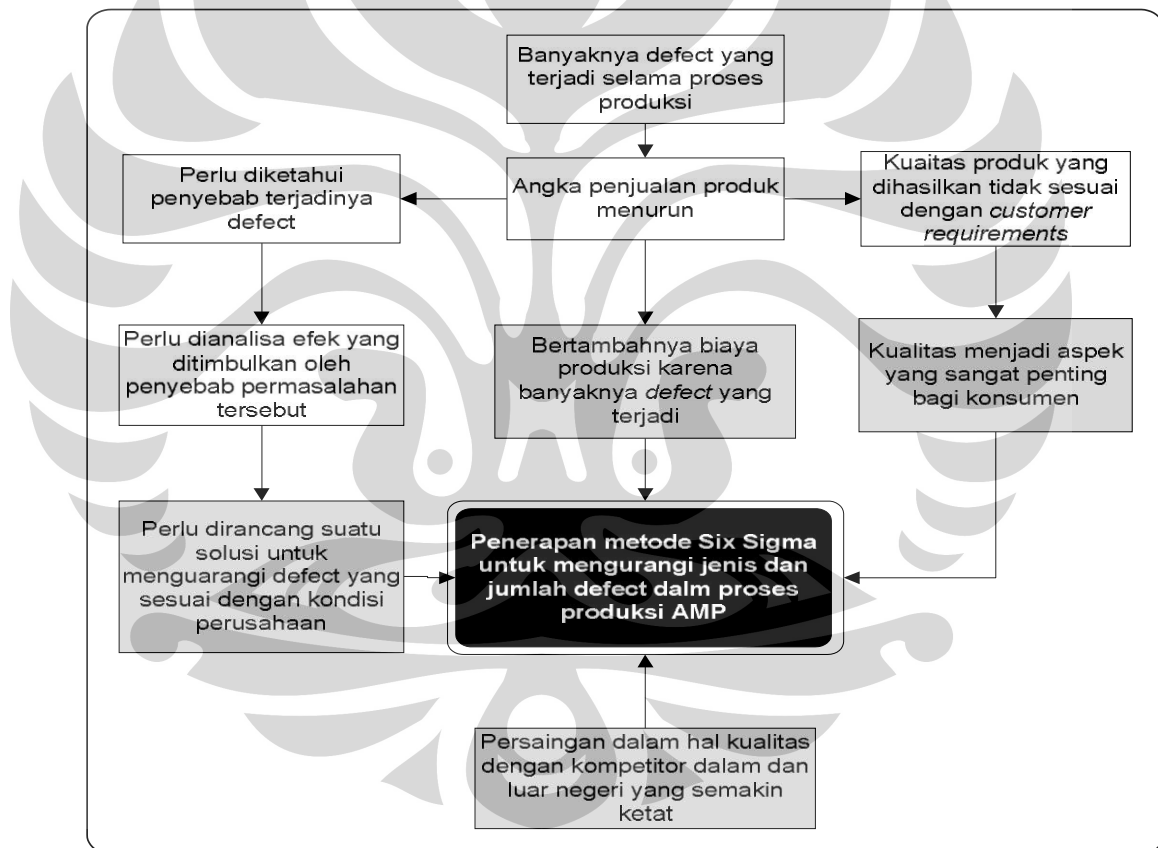
Banyak cara dan metode yang dapat digunakan oleh perusahaan untuk meningkatkan mutu produk dan jasa yang dihasilkannya. Salah satu metode yang populer dan sering digunakan dalam studi *quality improvement* adalah metode *Six Sigma*. *Six sigma* merupakan metodologi peningkatan kualitas yang dipopulerkan oleh perusahaan Motorola pada tahun 1986 dan mengantar perusahaan tersebut memenangi *Malcolm Bridge National Quality Award* (MBNQA) yaitu suatu

Universitas Indonesia

penghargaan untuk perusahaan di bidang kualitas, pada tahun 1988. Yang membedakan *six sigma* dengan metode pengendalian kualitas lainnya adalah bahwa *six sigma* tidak hanya sekedar cara untuk meningkatkan kinerja tetapi juga merupakan metode untuk merubah budaya organisasi atau perusahaan mulai dari atas sampai ke bawah¹.

Dengan metode yang terstruktur dan berkesinambungan dari *six sigma*, ukuran pencapaian menjadi jelas. Penerapan metode *six sigma* di PT Bukaka diharapkan mampu mengidentifikasi penyebab kegagalan yang paling potensial sekaligus mengurangi atau mengeliminasinya.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah



Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah

¹ Michael C. Thomsett, *Getting Started in Six Sigma* (New Jersey, 2005), hal. 8.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan diagram keterkaitan masalah di atas, maka pokok permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah penerapan metode *six sigma* untuk mengurangi jumlah *defect* dalam proses produksi *Asphalt Mixing Plant* (AMP) di PT Bukaka Teknik Utama.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah:

- Menetapkan permasalahan kualitas dalam proses produksi *Asphalt Mixing Plant* (AMP) di PT Bukaka Teknik Utama
- Mengukur kapabilitas proses produksi AMP
- Mengidentifikasi penyebab cacat yang paling potensial dalam proses produksi AMP serta memberikan masukan untuk mengurangi jumlah cacat yang terjadi dengan menggunakan metode *six sigma*.

1.5 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian, perlu dilakukan pembatasan masalah dengan tujuan supaya pelaksanaan penelitian serta hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Batasan masalah tersebut meliputi:

- Penelitian dilakukan terhadap proses produksi produk *Asphalt Mixing Plant* (AMP) yang dihasilkan oleh unit usaha *Road and Constructing Equipment* (RCE) PT BUKAKA
- Metode yang digunakan adalah *six sigma* dengan bantuan *quality tools* yang sesuai untuk setiap tahapannya
- Penerapan *six sigma* hanya sampai pada tahap *Improve* (dari lima tahapan DMAIC)

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan terdiri dari lima tahap:

1. Pemilihan topik penelitian

Topik yang telah dipilih adalah penerapan metode *Six Sigma* untuk mengurangi jenis dan jumlah *defect* pada proses produksi *Asphalt Mixing Plant (AMP)* di PT BUKAKA

2. Pemahaman dasar teori

Dasar teori yang mendukung dalam melakukan eksperimen antara lain teori *Six Sigma* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

3. Pengumpulan data

Pada tahap ini, peneliti memasuki fase *Define* dengan menetapkan permasalahan serta mengumpulkan data baik secara langsung maupun data sekunder yang sudah tersedia di perusahaan berupa:

- Aliran proses produksi AMP
- Jenis dan jumlah cacat yang terjadi dalam periode waktu tertentu
- Wawancara dengan operator tentang kemungkinan penyebab terjadinya *defect*

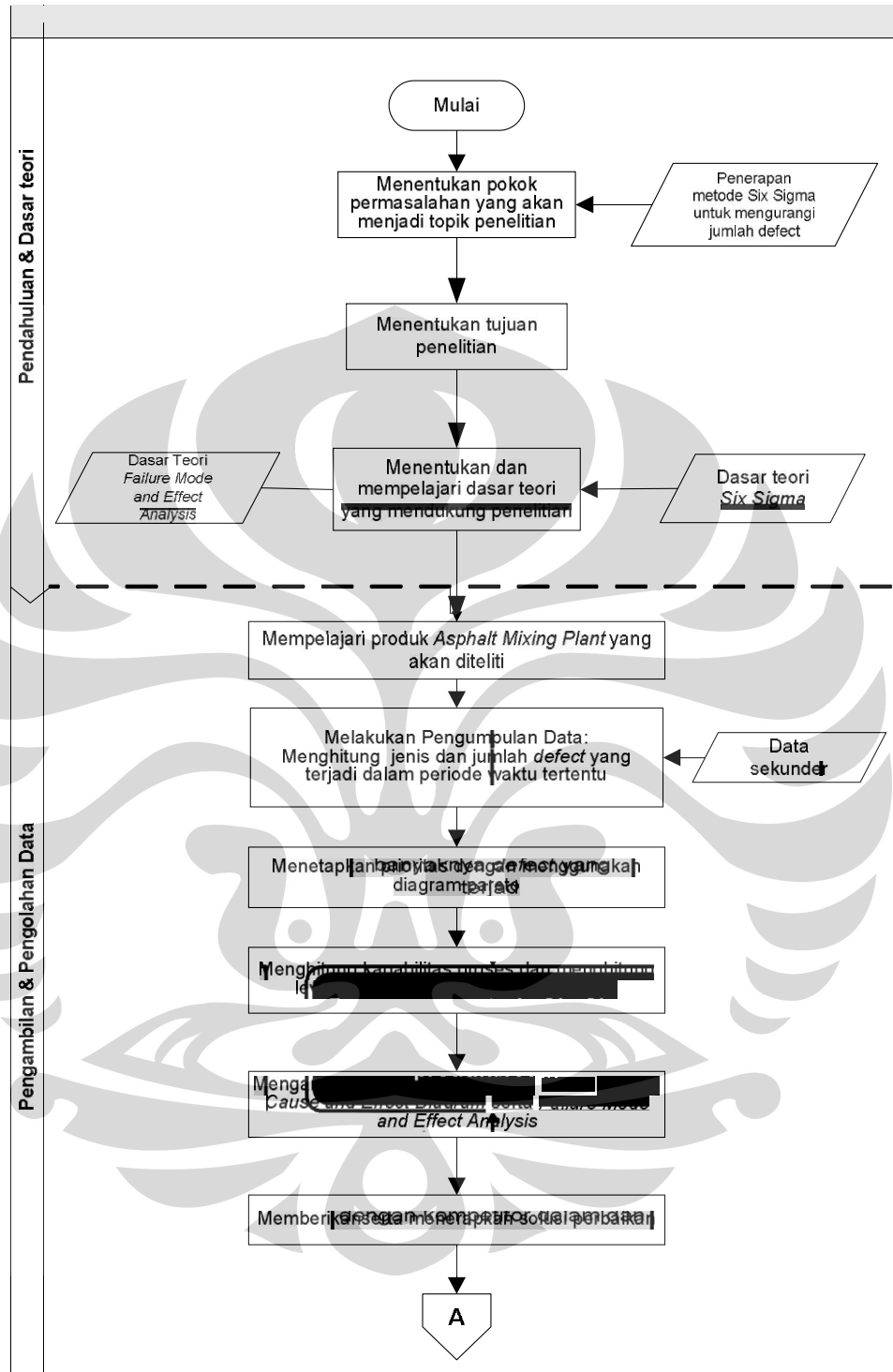
4. Pengolahan data

Pada tahap ke empat ini, peneliti memasuki tahap *Measure* dengan mengolah data yang sudah terkumpul seperti mengukur kapabilitas proses dan level sigma proses saat ini serta persentase *yield*.

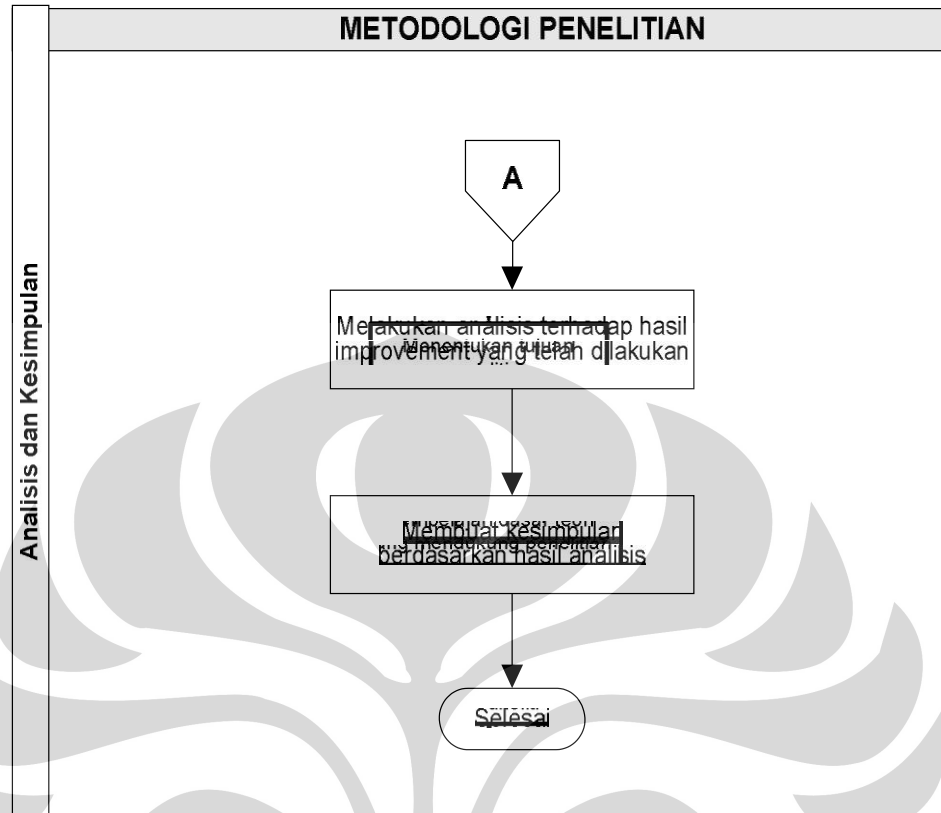
5. Analisa hasil

Pada tahap ini peneliti akan melakukan analisa terhadap penyebab cacat yang terjadi dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (Analyze)* serta memberikan usulan perbaikan berdasarkan hasil analisa (*Improve*).

Berikut ini adalah diagram alir metodologi penelitian yang dilakukan:



Gambar 1.2. Metodologi Penelitian



Gambar 1.2. Metodologi Penelitian (Lanjutan)

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini terdiri dari lima bagian dengan penjelasan sebagai berikut:

Bab pertama merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang pemilihan topik skripsi serta tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini. Dalam bab ini, tujuan penelitian akan diperkuat dengan adanya diagram keterkaitan masalah, batasan masalah sebagai acuan dalam melakukan penelitian, serta menentukan metodologi yang sesuai dengan topik dan tujuan penelitian.

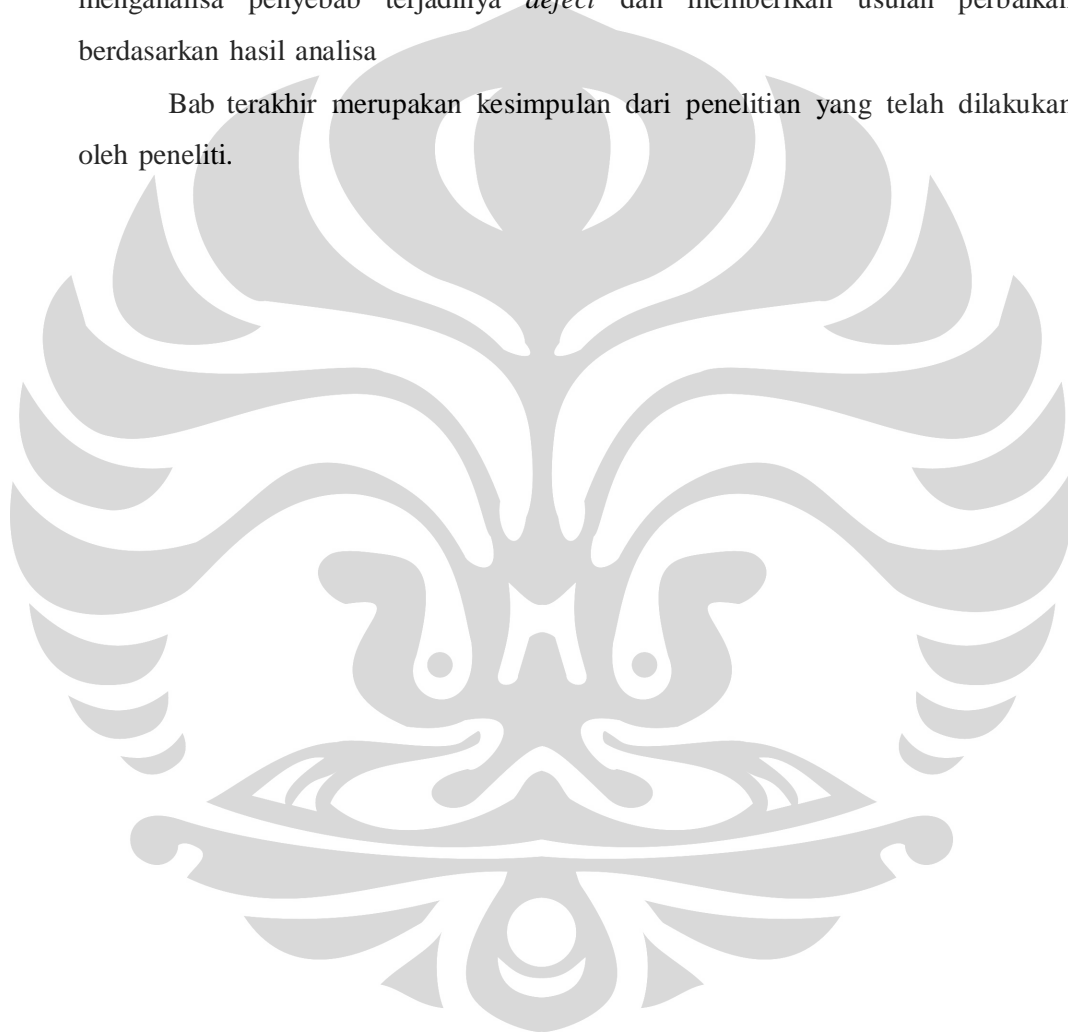
Bab dua berisikan landasan teori yang mendukung dalam pemecahan permasalahan yang diteliti. Bab ini terdiri dari teori mengenai *Six Sigma*, dan *Failure Mode and Effect Analysis*

Bab tiga menjelaskan tentang jenis data yang diperlukan dalam penelitian serta metodologi pengumpulan data. Pada bab ini akan diidentifikasi jenis dan

jumlah *defect* yang terjadi dalam proses produksi AMP dalam periode waktu tertentu.

Bab empat membahas mengenai pengolahan data yang telah dikumpulkan pada bab sebelumnya. Data yang telah dikumpulkan akan diolah dengan menggunakan metode *six sigma* yaitu mendefinisikan masalah, mengukur kapabilitas proses dengan menghitung nilai sigma dan nilai *yield* proses, menganalisa penyebab terjadinya *defect* dan memberikan usulan perbaikan berdasarkan hasil analisa

Bab terakhir merupakan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti.



2. DASAR TEORI

2.1 Six Sigma

2.1.1 Definisi *Six Sigma*

Sigma merupakan salah satu huruf Yunani yang digunakan oleh ahli statistik untuk memperlihatkan standar deviasi populasi. *Sigma*, atau standar deviasi memberitahukan berapa banyak keragaman yang terjadi dalam sekelompok individu (populasi). Semakin banyak variasi yang terjadi, semakin besar standar deviasi yang dihasilkan. Dari sudut pandang statistik, tujuan *six sigma* adalah mengurangi variasi untuk mencapai standar deviasi yang paling kecil sehingga hampir semua produk yang dihasilkan memenuhi ekspektasi pelanggan².

Six sigma merupakan sebuah metode dalam penurunan jumlah variasi pada semua proses kritis untuk mencapai perbaikan yang berkesinambungan dan pemecahan masalah³. Metode ini merupakan sebuah perancangan inisiatif yang terorganisir untuk membuat proses manufaktur atau jasa menghasilkan jumlah cacat produk mendekati 3,4 kejadian dalam 1.000.000 kesempatan (*defect per million opportunities*).

Definisi lain terhadap *six sigma* dikemukakan oleh Linderman⁴: “*six sigma* merupakan suatu metodologi yang terorganisir dan sistematis untuk proses peningkatan dan pengembangan produk atau jasa baru yang bersandar pada metode statistik dan ilmiah untuk menurunkan tingkat cacat menurut pandangan pelanggan”.

Pada awalnya, *six sigma* dikembangkan oleh seorang insinyur yang bernama Bill Smith yang bekerja di perusahaan Motorola, Amerika Serikat pada tahun 1986. Metode *six sigma* yang dilakukan oleh Motorola bertujuan untuk mengendalikan dan meningkatkan kualitas untuk memenuhi kepuasan pelanggan dan menetapkan target tidak lebih dari 3.4 per juta peluang produk gagal. Metode

² Peter S. Pande, *et al.*, *The Six Sigma Team Fieldbook* (New York, 2002), hal. 4.

³ Howard S. Gitlow, *et al.*, *Quality Management International edition* (New York, 2005), hal. 725.

⁴ Linderman, K., Schroeder, R., Zaheer., Choo, A., “Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective”, *Journal of Operations Management*, vol. 21, no. 2, Hal. 195.

ini dilakukan oleh Motorola dengan memulai dari desain produk dan mengakomodasi variasi sekecil mungkin, sehingga diperoleh produk akhir yang sama secara konsisten. Motorola mencatat setiap kerusakan dan dianalisa dengan metode statistik untuk melakukan tindakan perbaikan. Sebagai hasilnya, Motorola memperoleh peningkatan kualitas produk secara dramatis dengan variasi paling kecil dibandingkan dengan rata-rata perusahaan manufaktur lainnya di Amerika. Kesuksesan ini juga mengantarkan Motorola meraih penghargaan MBNQA (*the Malcolm Baldrige National Quality Award*) pada tahun 1988.

Pada perkembangan selanjutnya, banyak perusahaan yang mengadopsi metode ini namun tidak menjalankannya dengan sungguh-sungguh. Setelah AlliedSignal (sekarang berubah jadi Honeywell) menunjukkan keefektifan *six sigma* dalam mendefinisikan kembali tujuan sebuah perusahaan, memperoleh peningkatan yang dramatis dan mempengaruhi ribuan karyawannya secara positif, *six sigma* bisa menarik perhatian perusahaan-perusahaan lainnya. General Electric (GE) yang terkenal sukses mengimplementasikan *six sigma* mengadopsi konsep ini pada tahun 1996. Perusahaan lain yang terkenal atas aplikasi *six sigma* dengan sukses adalah Xerox Company, Texas Instrument dan lain-lain.

2.1.2 Keuntungan *Six Sigma*

Seperti metode peningkatan kualitas lainnya, metode *six sigma* juga bertujuan untuk mencapai keberhasilan usaha yaitu dengan mengurangi jumlah variasi yang terjadi sehingga dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan. Keberhasilan usaha yang dicapai sangat beragam, antara lain meliputi:

- Penurunan biaya
- Peningkatan produktivitas
- Pertumbuhan *market-share*
- Kesetiaan pelanggan
- Penurunan *cycle-time*
- Penurunan jumlah *defect* atau cacat
- Perubahan budaya kerja
- Pengembangan produk atau jasa

2.1.3 Tahap *Six Sigma*

Setiap metodologi memiliki pendekatan konseptual yang berbeda-beda untuk dapat bekerja. *Six sigma* memiliki dua jalur pendekatan:

1. Menyatakan masalah yang ada sekarang
2. Mengatasi masalah yang terjadi dan mencegahnya terjadi kembali di masa yang akan datang

Metodologi *six sigma* telah mengadopsi pendekatan yang telah lama digunakan yaitu, *Plan-Do-Check-Action* (PDCA) dengan beberapa variasi strategi untuk menciptakan terobosan baru. Hasil keseluruhannya biasanya disebut dengan model DMAIC, yang terdiri dari:

- *Define*
- *Measure*
- *Analyze*
- *Improve*
- *Control*

Six sigma sebagai metode peningkatan kualitas ditujukan untuk menurunkan tingkat cacat dengan mengendalikan variasi yang tidak diinginkan sehingga diusahakan mendekati nol (*zero defect*) dengan maksud mengurangi biaya dan mendapatkan kepuasan pelanggan. Selain itu, reduksi variasi juga dapat meningkatkan *deliver performance* dan presentase *yield*.

2.1.3.1 Tahap *Define*

Hal-hal penting yang harus didefinisikan pada tahap ini adalah suara pelanggan (*Voice of Customer*) yang selanjutnya ditransformasi menjadi karakteristik yang penting terhadap kualitas, ruang lingkup proyek, prioritas sebab akibat dan perencanaan proyek. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menyelesaikan tahap *define*:

- Mendefinisikan masalah. sebuah permasalahan harus bersumber dari data yang ada, dapat diukur, dan lepas dari asumsi tentang penyebab atau

penyelesaian masalah yang diperkirakan. Oleh karena itu, masalah harus spesifik dan tujuannya dapat dicapai

- Mengidentifikasi pelanggan. Hal ini dibutuhkan pada proses analisa awal. Fokus disini adalah mengidentifikasi seberapa banyak pihak yang terkena dampak akibat kualitas yang buruk
- Mengidentifikasi karakteristik *Critical to Quality* (CTQ). Identifikasi karakteristik CTQ memastikan bagaimana sebuah spesifikasi produk dihadapkan dengan ekspektasi pelanggan
- Memetakan proses. Pemetaan proses dalam tahap *define* tidak lebih dari representasi visual sebuah aliran proses untuk pemenuhan identifikasi karakteristik CTQ. Peta proses sangat berguna sebagai:
 - Metode segmentasi proses yang rumit ke dalam bagian-bagian yang dapat dikelola
 - Jalan untuk mengidentifikasi masukan (*input*) dan keluaran (*output*) proses
 - Teknik untuk mengidentifikasi wilayah perbaikan
 - Cara untuk mengidentifikasi penyumbat (*bottleneck*), kerusakan (*breakdowns*), dan proses yang tidak menambah nilai (*non-value-added*)

2.1.3.2 Tahap *Measure*

Tahap kedua ini dilakukan ketika memulai pengumpulan data tentang kinerja saat ini. Selama penyelesaian tahap ini, perencanaan pengumpulan data disesuaikan dengan tipe data dan penumpulannya, sistem pengukuran yang valid menjamin akurasi dan konsistensi, kecukupan data untuk analisis, dan sebuah gambaran analisis awal untuk mengarahkan proyek.

Fokus pada tahap *measure* adalah mengembangkan perencanaan pengumpulan data, mengidentifikasi variabel kunci masukan proses, menampilkan variasi dengan diagram pareto, histogram, *run chart*, dan acuan ukuran kapabilitas proses dan tingkat sigma sebuah proses.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini adalah:

- Mengidentifikasi pengukuran dan variasi. Identifikasi yang dimaksud meliputi:
 - Tipe dan sumber variasi serta dampaknya terhadap kinerja proses
 - Tipe pengukuran yang berbeda untuk masing-masing variasi dan kinerja pengukuran proses yang benar
 - Tipe data yang dikumpulkan dan karakteristik yang penting untuk setiap data

Ada dua jenis variasi yang harus didefinisikan:

- Sebab umum. Kondisi penyebab variasi ini berasal dari interaksi faktor mesin, material, metode, manusia, pengukuran, dan lingkungan (*man, machine, method, material, measurement, environment* atau 5M + 1E)
- Sebab khusus. Sebab khusus tidak dapat diprediksi dan tidak selalu muncul, tidak selalu mempengaruhi operator yang bekerja pada proses tersebut dan tidak selalu mempengaruhi hasil keluaran.
- Menentukan tipe data. Tipe data yang dapat dikumpulkan melalui pengumpulan data adalah:
 - Data Atribut
Data atribut adalah data yang dikumpulkan dengan menghitung frekuensi kejadian sebuah karakteristik proses seperti jumlah cacat produk. Jenis data ini mengkualifikasikan suatu proses atau produk menjadi cacat atau tidak cacat. Data atribut tidak dapat dibagi lagi ke dalam ukuran presisi dan diskrit secara alami.
 - Data Variabel
Data variabel adalah data yang menggambarkan karakteristik proses dalam ukuran berat, panjang, waktu dan lain-lain. Dengan tipe data seperti ini, skala pengukuran yang dilakukan adalah *continuous* dan dapat dibagi dalam ukuran presisi.
- Mengembangkan rencana pengumpulan data
- Melakukan analisis sistem pengukuran dan mengumpulkan data

2.1.3.3 Tahap *Analyze*

Pada tahap *analyze*, fokus terhadap permasalahan sudah harus jelas. Dengan kata lain, pada tahap ini sudah dapat dilakukan kemungkinan perbaikan dengan melihat data yang telah diolah. Aspek penting tahap ini adalah mulai mengajukan sebuah uji hipotesa terhadap data atribut. Sehingga tahap *analyze* dapat mencari akar penyebab masalah dan kemungkinan perbaikan yang akan diambil. Berberapa spesifik pekerjaan yang harus dilakukan dalam tahap ini antara lain:

- Memilih alat analisa untuk mengungkapkan secara detail kinerja proses dan variasi
- Menerapkan alat analisa yang meliputi teknik penerapan alat analisa terhadap data untuk menghasilkan indikator kinerja
- Mengidentifikasi sumber variasi. Maksudnya yaitu mengidentifikasi sumber variasi selama studi proses dengan menggunakan alat statistik sehingga variasi yang signifikan dapat diidentifikasi dan dieliminasi.

Sebagai hasil keluaran dari tahap *analyze* adalah pemahaman terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi masalah yang sedang diteliti yang meliputi *Key Process Input Variables* (KPIV) dan sumber variasi.

2.1.3.4 Tahap *Improve*

Tahap keempat ini merupakan tahap untuk menghasilkan ide, desain dan implementasi perbaikan serta validasi perbaikan. Hal yang paling penting dalam tahap *improve* ini adalah proses *brainstorming*, pengembangan peta proses “*should be*”, meninjau ulang *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), analisa awal *cost/benefit*, dan rekomendasi perbaikan. Alat-alat lain seperti *Design of Experiment* (DOE) adalah metodologi efektif yang dapat digunakan pada tahap *analyze* dan *improve* tetapi DOE sulit dilakukan diluar lingkungan manufaktur dimana pengaturan berskala kecil dapat dilakukan dan dimonitor setiap saat. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap *improve* adalah:

- Menghasilkan alternatif perbaikan
- Mengidentifikasi kriteria perbaikan

- Menghasilkan perbaikan yang paling mungkin dilakukan
- Mengevaluasi perbaikan dan memilih pilihan terbaik

2.1.3.5 Tahap *Control*

Tahap *control* merupakan tahap terakhir dalam pendekatan DMAIC, dimana dalam tahap ini dilakukan pengorganisasian proses atau perbaikan produk dan pemantauan kinerja yang sedang berjalan. Selain itu, pada tahap *control* juga terdapat peralihan dari perbaikan menuju pengendalian proses dan memastikan bahwa perbaikan yang baru dapat dilakukan. Kesuksesan peralihan ini bergantung pada rencana pengendalian yang efektif dan rinci. Tujuan dari rencana pengendalian adalah mendokumentasikan semua informasi yang berhubungan dengan siapa yang bertanggung jawab untuk memantau dan mengendalikan proses ini seterusnya, apa yang diukur serta parameter kinerja dan pengukuran yang benar.

2.1.4 Alat-alat Kualitas dalam *Six Sigma*

Alat-alat yang digunakan pada setiap tahapan DMAIC hampir sama dengan alat-alat yang digunakan pada strategi peningkatan kualitas lain seperti PDCA. Namun *six sigma* menekankan aplikasi alat-alat tersebut dalam cara yang lebih sistematis untuk dapat memperoleh terobosan dalam perbaikan kualitas, sehingga dapat diterapkan baik dalam industri manufaktur maupun jasa. Dalam penerapan *six sigma*, penggunaan alat-alat kualitas disesuaikan dengan tahapan model DMAIC.

Alat-alat kualitas yang digunakan antara lain:

1. Tahap *Define*
Histogram, Diagram Pareto, *Critical to Quality* (CTQ), dan diagram *Supplier-Input-Proses-Output-Customer* (SIPOC)
2. Tahap *Measure*
Diagram Pareto, *Control Chart*, *Capability Study*, perhitungan level sigma dan nilai *yield*

3. Tahap *Analyze*

Cause and Effect Diagram, Diagram Cause Failure Modes Effect (CFME), dan tabel Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

4. Tahap *Improve*

Tree Diagram, Impact/Effort Diagram, Improve Checklist, DOE

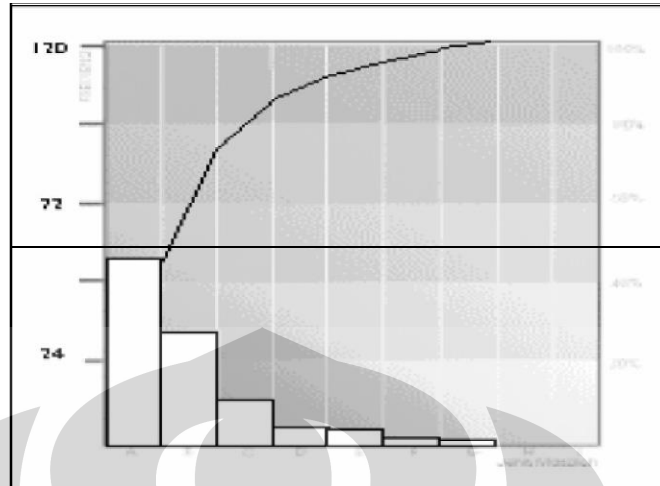
5. Tahap *Control*

Control Chart

2.1.4.1 Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan masalah untuk mendapatkan solusi. Alat ini merupakan hasil penemuan seorang ekonom Italia yang bernama Vilfredo Pareto (1848-1923). Vilfredo Pareto menunjukkan bahwa distribusi pendapatan penduduk dunia tidak sempurna dimana bagian terbesar pendapatan atau kesejahteraan hanya dinikmati oleh sekelompok kecil penduduk. Beberapa ahli dan peneliti telah mempopulerkan pendekatan ini untuk memprioritaskan penyelesaian masalah, terutama Joseph Juran dan Alan Lakelin⁵. Lakelin merumuskan sebuah aturan yang terkenal dengan nama 80-20 rule berdasarkan aplikasi prinsip Pareto. Aturan ini mengatakan bahwa sekitar 80% biaya berasal dari 20% elemen. Diagram Pareto adalah diagram bar sederhana dengan setiap bar-nya merepresentasikan frekuensi jumlah setiap masalah dan disusun dari kiri ke kanan. Contoh diagram Pareto dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

⁵ J. F. Beardsley & Associates, (International, 1997), Quality Circles dikutip dari Gitlow, Howard S., et al., *Op.Cit.*, hal.366.



Gambar 2.1. Contoh Diagram Pareto

2.1.4.2 *Critical to Quality (CTQ)*

Karakteristik kualitas yang diperoleh dari konsumen dikumpulkan dalam sebuah diagram pohon (*tree diagram*) untuk membagi dan memeringkatkan ide sehingga semakin terperinci. Tujuannya adalah untuk mengelompokkan ide atau masalah besar ke dalam komponen lebih kecil, membuat ide semakin mudah dipahami dan membuat masalah menjadi lebih mudah diatasi.

2.1.4.3 Diagram SIPOC

Diagram SIPOC dapat membantu dalam hal informasi bisnis dari perspektif proses. Berikut merupakan beberapa manfaat penerapan diagram SIPOC⁶.

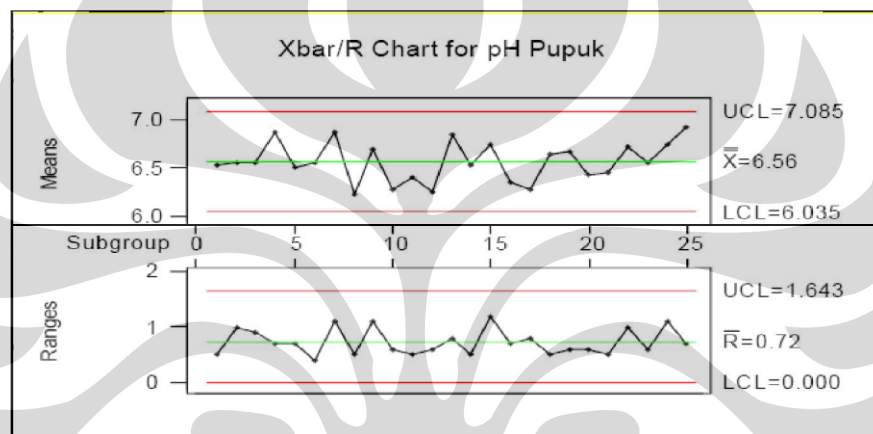
- Menampilkan sekumpulan aktivitas lintas fungsional dalam satu diagram sederhana
- Menggunakankerangka kerja yang dapat diterapkan pada proses dengan semua ukuran bahkan organisasi keseluruhan
- Membantu memelihara perspektif “gambar besar”, yang untuk itu detail tambahan dapat diperinci lebih dalam

⁶ Peter S. Pande, *et al.*, *Op.Cit.*, hal.179.

2.1.4.4 Bagan Kendali (*Control Chart*)

Bagan kendali merupakan sebuah metode grafis untuk mengevaluasi sebuah proses produksi dan menggolongkan apakah proses tersebut terkendali secara statistik atau tidak⁷.

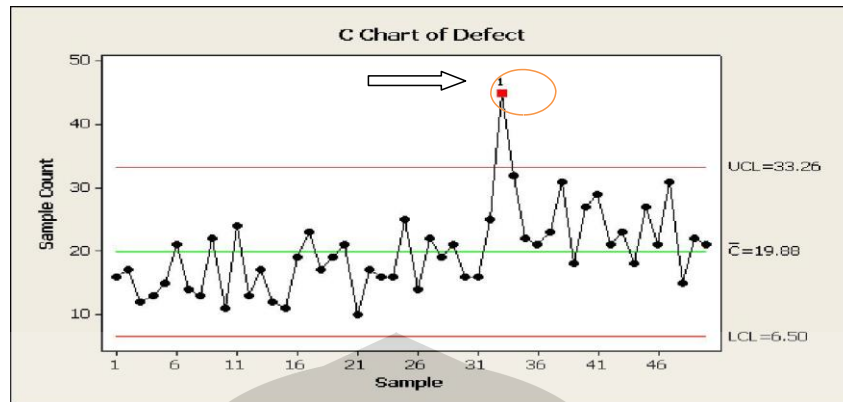
Bagan kendali dapat digolongkan dalam berbagai macam jenis dan kegunaan. Walaupun kegunaan dan cara pembuatannya berbeda-beda, namun secara umum semua bagan kendali memiliki garis tengah (*Center Line*), batas spesifikasi atas (*Upper Control Limit*) dan batas spesifikasi bawah (*Lower Control Limit*). Bagan kendali digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.2. Contoh Bagan Kendali

Karakteristik yang dimiliki oleh sebuah bagan kendali bisa berupa rata-rata kualitas, jangkauan, persen kerusakan dan jumlah kerusakan per unit sesuai tujuan pembuatannya. Bagan kendali membutuhkan data-data sampel yang diambil dalam periode waktu tertentu. Jika semua nilai sampel berada dalam batas-batas kendali, hal ini menunjukkan bahwa proses terkendali. Sementara jika salah satu sampel berada di luar batas kendali baik atas maupun bawah menunjukkan bahwa proses tidak terkendali.

⁷ A. V. Feigenbaum, *Total Quality Control, Third Edition* (Singapura, 1988)



Gambar 2.3. Contoh Proses di Luar Kendali

Diantara tujuan penggunaan bagan kendali adalah:

- Menentukan kemampuan aktual dari proses produksi
- Membantu usaha peningkatan kualitas output
- Memonitor output

Jenis bagan kendali antara lain:

- Bagan X (*Mean Chart*)

Disebut juga bagan rata-rata dan digunakan untuk mendeteksi perubahan tingkat kualitas output dari suatu proses produksi

- Bagan R (*Range Chart*)

Bagan ini digunakan untuk mendeteksi perubahan variasi dalam suatu proses produksi

- Bagan P (*Percent Defective Chart*)

Disebut juga bagan proporsi rusak dan digunakan untuk memantau proporsi produk cacat yang dihasilkan oleh suatu proses produksi

- Bagan C

Dibuat untuk mengendalikan jumlah cacat dalam tiap unit produksi.

2.1.4.5 Diagram Sebab-Akibat (*Cause and Effect Diagram*)

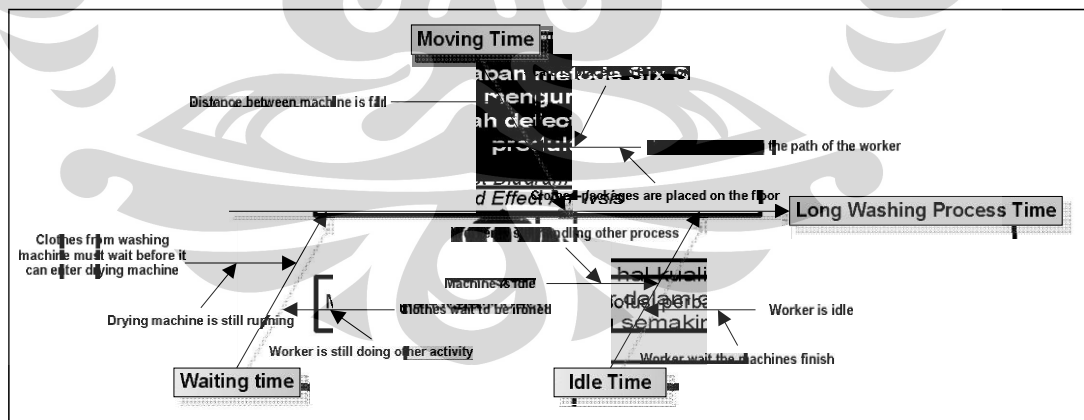
Cause and Effect Diagram dikenal juga dengan nama *Fishbone Diagram* atau diagram Ishikawa sesuai nama penemunya. Diagram sebab-akibat merupakan alat bantu untuk mengidentifikasi, mengklasifikasi dan menampilkan penyebab yang mungkin dari sebuah masalah spesifik atau karakteristik kualitas. Diagram

ini menggambarkan hubungan antara sebuah pernyataan *outcome* dan segala faktor yang mempengaruhi *outcome* tersebut. Diagram ini dapat digunakan untuk:

- Mengidentifikasi akar-akar penyebab masalah yang mungkin untuk akibat, masalah atau kondisi yang spesifik
- Mengklasifikasi atau menghubungkan interaksi antar faktor yang mempengaruhi khususnya proses atau akibat
- Menganalisa masalah yang ada sehingga tindakan perbaikan dapat diputuskan

Manfaat lain yang didapat dengan menggunakan diagram sebab-akibat adalah:

- Membantu menentukan akar penyebab masalah atau karakteristik kualitas menggunakan pendekatan yang terstruktur
- Mendorong partisipasi sebuah tim dan memanfaatkan pengetahuan tim terhadap proses
- Format diagram dapat dibaca dan dimengerti dengan mudah
- Mengindikasikan penyebab variasi proses yang mungkin
- Meningkatkan pengetahuan proses setiap anggota tim dengan mempelajari lebih banyak tentang faktor-faktor kerja dan hubungannya
- Mengidentifikasi area mana seharusnya data diambil untuk penelitian lebih lanjut.



Gambar 2.4. Contoh Diagram Sebab-Akibat

Ketika akan mengembangkan sebuah diagram sebab-akibat, terlebih dahulu harus dibangun sebuah struktur gambaran daftar penyebab yang terorganisir untuk menunjukkan hubungan pada akibat yang spesifik. Langkah-

langkah untuk membuat dan menganalisa diagram sebab-akibat adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan mendefinisikan dengan jelas outcome atau akibat untuk dianalisa
2. Tempatkanlah posisi diagram sebab-akibat sehingga setiap anggota tim dapat melihatnya, gambarlah sebuah garis inti dan kotak untuk akibat
3. Mengidentifikasi penyebab utama yang berkontribusi terhadap akibat yang sedang diteliti. Hal ini disebut label untuk percabangan utama diagram dan menjadi kategori dimana data penyebab berkaitan dengan kategori yang sama.
4. Untuk percabangan utama, identifikasi faktor spesifik yang lain yang mungkin menjadi penyebab sebuah akibat.
5. Menelusuri lebih detail tingkatan sebab-sebab dan mengorganisir sebab-sebab tersebut dengan kategori masing-masing. Langkah ini dapat dilakukan dengan bantuan alat 5W + 1H.
6. Menganalisa diagram untuk membantu mengidentifikasi penyebab yang menjadi investigasi lebih lanjut. Diagram sebab-akibat hanya mengidentifikasi sebab yang mungkin saja dan selanjutnya dapat digunakan diagram pareto untuk menentukan sebab yang sedang diteliti.

2.2 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

2.2.1 Sejarah dan Definisi FMEA

Walaupun cara berfikir FMEA sudah digunakan sejak ratusan tahun yang laun, namun FMEA pertama kali dirumuskan pada industri pesawat terbang tahun 1960-an ketika mengerjakan program Apollo. Industri otomotif mengadopsi metode ini pada tahun 1970-an dalam bidang keamanan (*safety*) dan berkembang sampai saat ini.

FMEA merupakan suatu teknik yang bertujuan untuk menemukan kelemahan pada suatu desain, proses atau sistem sebelum direalisasikan baik dalam fase *prototype* atau produksi (Stamatis, 1992).

Definisi lain FMEA adalah suatu metode sistematis yang digunakan untuk menganalisa, mengidentifikasi, dan mencegah permasalahan suatu produk, proses dan jasa sebelum masalah itu timbul (The Basic of FMEA 1992).

FMEA merupakan metode yang berguna untuk⁸:

- Membantu mendefinisikan, mengidentifikasi, memprioritaskan dan mengeliminasi kegagalan (*failures*) yang diketahui dan berpengaruh dalam sistem, desain dan proses manufaktur sebelum sampai ke tangan pelanggan.
- Memfasilitasi komunikasi inter-departemen
- Merupakan dokumentasi dari produk dan proses terbaru
- Membantu mencegah terjadinya permasalahan
- Mengidentifikasi bentuk kegagalan produk atau proses sebelum terjadi
- Menentukan akibat dan keseriusan kegagalan atau kerusakan tersebut
- Mengidentifikasi penyebab dan kemungkinan terjadinya kerusakan.
- Mengidentifikasi cara pengontrolan dan keefektifan pengontrolan tersebut
- Menghitung dan memprioritaskan resiko berkaitan dengan kerusakan yang terjadi
- Menyusun tindakan yang akan dilakukan untuk mengurangi resiko

2.2.2 Jenis-Jenis FMEA

2.2.2.1 System FMEA (SFMEA)

Jenis ini biasanya digunakan pada tahap awal perancangan suatu sistem. SFMEA digunakan untuk menganalisa sistem dan subsistem yang ada pada tahap konsep dan perancangan. SFMEA memfokuskan perhatian pada modus kesalahan yang potensial dari fungsi-fungsi suatu sistem yang disebabkan karena ketidakefisienan sistem tersebut. Termasuk di dalamnya hubungan antara sistem dan elemen-elemen dalam sistem tersebut. Perangkat ini sering digunakan untuk membantu menentukan pilihan akhir sistem yang dirancang dari berbagai alternatif yang disediakan.

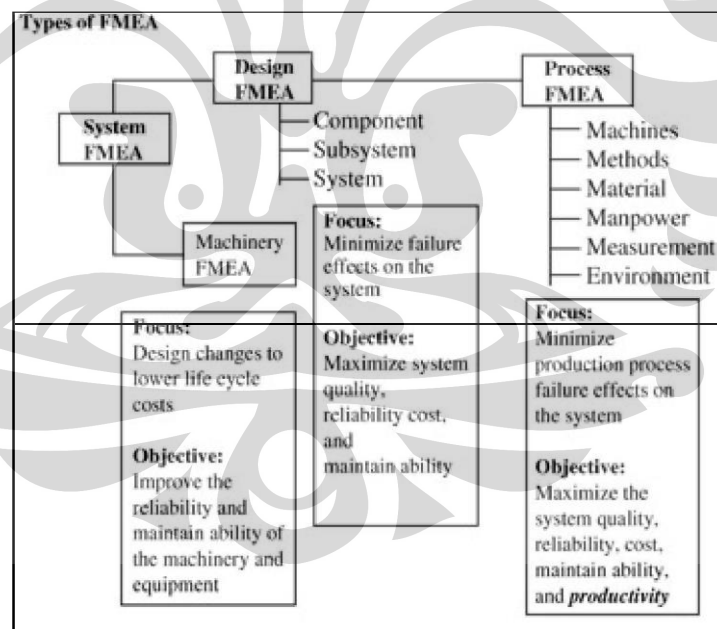
⁸ D. H. Stamatis, *Six Sigma and Beyond-Design for Six Sigma Vol VI* (New York, 2003).

2.2.2.2 Design FMEA (DFMEA)

DFMEA digunakan setelah rancangan suatu sistem telah ditemukan. DFMEA akan mengarahkan modus kegagalan kedalam tingkat komponen dan digunakan untuk menganalisa produk sebelum dilakukan proses manufaktur. DMEA mempunyai titik utama pada modus kegagalan yang disebabkan karena ketidak efisienan dalam perancangan.

2.2.2.3 Process FMEA (PFMEA)

PFMEA digunakan untuk menguji modus kegagalan dari setiap tahap proses manufaktur perakitan suatu produk. Tipe ini tidak harus selalu menguji secara detail dari modus kegagalan dari peralatan yang digunakan untuk proses manufaktur atau perakitan, tetapi harus memperhatikan dimana modus kegagalan tersebut berpengaruh secara langsung terhadap kualitas produk akhir yang dihasilkan.



Gambar 2.5. Jenis-jenis FMEA

(Sumber: Stamatis, D.H. *Six Sigma and Beyond-Design for Six Sigma*)

2.2.3 Manfaat Penerapan FMEA

Manfaat penerapan FMEA antara lain:

- Pengetahuan terhadap produk menjadi lebih baik
- Menghemat waktu apabila penyebab modus kesalahan dapat diidentifikasi sebelum part prototipe dirakit daripada melakukan desain ulang part tersebut.
- Menghemat biaya dengan alasan yang sama pada poin di atas
- Mengurangi jaminan pemulangan produk yang telah dipasarkan sehingga kredibilitas perusahaan tetap dapat terjaga.
- Meningkatkan kualitas produk
- Mencegah terjadinya kesalahan yang sama di waktu yang akan datang karena adanya dokumentasi FMEA pada kasus sebelumnya. Hal ini juga membantu dalam perubahan desain.

Penggunaan FMEA untuk jangka pendek adalah untuk mengidentifikasi kondisi kritis dan bahaya, mengidentifikasi kecenderungan kegagalan potensial, mengidentifikasi pengaruh suatu kegagalan. Sementara penggunaan FMEA untuk jangka panjang adalah untuk membantu membuat blok diagram analisa kehandalan, membantu dalam membuat tabel diagnosis untuk tujuan perbaikan, membantu dalam membuat *handbook* perawatan, membantu dalam membuat desain terpadu, deteksi kegagalan dan kelebihan, analisa kemampuan uji, untuk menyimpan catatan formal dari keselamatan dan analisa kehandalan yang akan digunakan sebagai petunjuk dalam keputusan keamanan produk.

2.2.4 Langkah-langkah FMEA

1. Mendefinisikan ruang lingkup analisis. Menentukan tingkatan sistem yang tepat untuk melakukan FMEA (apakah sub-sistem, *assembly*, *subassembly*, komponen, *part* atau lainnya)
2. Menyusun diagram blok untuk menggambarkan hubungan sebab akibat

3. Mengidentifikasi modus kegagalan yang mungkin untuk setiap komponen dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan berikut:

Apakah yang menjadi modus kegagalan sebuah komponen? Bagaimana kegagalan dapat terjadi? Apa efek dari modus kegagalan? Analisis modus kegagalan dapat dilakukan secara komprehensif bersama six sigma.

Table 2.1. Contoh Tabel FMEA

Fungsi/Item	Failure Modes	Causes	Effects	Severity	Occurance	Detection	RPN

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

2.2.5 Hasil Keluaran FMEA

Ada beberapa keluaran yang dihasilkan dari penerapan FMEA seperti *Cause and Failure Mode Effect* (CFME), dan tiga evaluasi yang memperlihatkan penilaian untuk keseriusan (*severity*) efek tersebut, tingkat frekuensi kejadian (*occurrence*) dari modus kesalahan dan kegagalan dan keefektifan kontrol yang ada (*detection*).

Hal yang paling penting dari keluaran FMEA adalah daftar *Risk Priority Number* (RPN). Daftar tersebut memberikan tingkar keseriusan dari modus kesalahan atau kegagalan. Berdasarkan daftar ini, perencanaan perbaikan atau koreksi dibuat untuk menangani permasalahan yang paling serius pertama kali dan paling ringan untuk terakhir dipecahkan.

Penerapan FMEA secara tepat dan benar akan memberikan informasi yang berguna bagi pemakainya dalam mengurangi beban resiko pekerjaan dalam suatu sistem, desain, proses dan jasa dikarenakan FMEA adalah metode analisa potensial kegagalan yang logis dan progresif. Penerapan FMEA merupakan sebuah tindakan preventif yang paling penting dimana kegagalan dan kesalahan akan dicegah sebelum terjadi dan mencapai pelanggan dan kemudian dipelajari penyebab-penyebabnya beserta akibat atau efeknya.

FMEA akan mengidentifikasi kebutuhan akan tindakan koreksi untuk mencegah kegagalan sebeulum mencapai pelanggan dengan menjamin daya tahan,

kualitas, dan kehandalan yang tinggi dari sebuah produk atau jasa. Hasil yang didapat dari penerapan FMEA:

- Daftar potensial dari modus kesalahan atau kegagalan yang dirangking berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN)
- Daftar potensial dari fungsi sistem yang dapat mendeteksi modus kesalahan atau kegagalan potensial
- Daftar potensial dari karakteristik yang kritis dan signifikan
- Daftar potensial dari rancangan tindakan untuk mengurangi modus kesalahan atau kegagalan, permasalahan keselamatan dan mengurangi tingkat kejadian
- Daftar potensial dari parameter-parameter untuk melakukan metode pengujian, inspeksi dan pendeteksian
- Sebuah daftar potensial dari rekomendasi tindakan atau karakteristik yang kritis dan signifikan

2.2.6 Interpretasi FMEA

Kegagalan terjadi ketika suatu produk atau proses tidak bekerja sebagaimana mestinya atau beberapa bagiannya tidak berfungsi saat penggunaan. Sesederhana apapun suatu produk atau proses tetap mempunyai peluang untuk mengalami kegagalan. Kemungkinan suatu produk atau proses dapat gagal disebut kecenderungan kegagalan (*failure mode*). Setiap kecenderungan kegagalan memiliki efek yang potensial, dan beberapa efek lebih sering terjadi dibanding yang lainnya.

Prinsip dasar FMEA adalah mengidentifikasi dan mencegah kegagalan potensial sampai ke tangan pelanggan. Untuk melakukannya diperlukan beberapa asumsi yang membantu dalam memprioritaskan tindakan korektif terhadap proses atau desain demi mencegah kegagalan. Prioritas suatu kegagalan dan efeknya ditentukan oleh tiga faktor:

- *Severity* (keseriusan), yaitu konsekuensi dari suatu kegagalan yang seharusnya terjadi

- *Occurrence* (keseringan), yaitu frekuensi terjadinya kegagalan untuk tiap modus kesalahan
- *Detection* (pendeteksian), yaitu probabilitas dari kegagalan yang dapat dideteksi sebelum dampak dari efeknya terjadi dan disadari.

Cara untuk menentukan komponen tersebut berdasarkan pedoman kriteria resiko, dimana pendekatan bisa dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan secara kualitatif dilakukan berdasarkan perilaku komponen teoritis (yang diharapkan). Pedoman secara kuantitatif banyak digunakan karena lebih tepat dan spesifik karena menggunakan data aktual, data SPC, data historis atau data pengganti untuk evaluasinya.

Tabel 2.2. Pedoman (kriteria) untuk penilain Proses⁹

Jika	Maka digunakan	Pilihan
Proses dalam pengawasan Statistical Process Control (SPC)	Data statistik: data kehandalan, process capability, distribusi actual, model matematis, simulasi	Data aktual atau Cpk
Proses sama dengan yang lainnya atau terdapat data historis	Data statistic dari salah satu system pengganti: distribusi actual, data kehandalan, process capability, model matematis, simulasi	Data aktual atau Cpk
Sejarah kegagalan tersedia dalam desainnya atau part penggantinya	Data historis didasarkan pada kehandalan, proses actual, distribusi actual, model matematika, simulasi, data kumulatif	Data aktual dan jumlah kumulatif dari kesalahan
Proses masih baru dan tidak tersedia perhitungan tipa data	Keputusan tim	Kriteria subjektif, penggunaan konsensus tim yang konservatif

Pengurutan kriteria bisa beragam dan tidak ada standar baku dalam penggunaannya. Beberapa organisasi yang telah menerapkan FMEA menyesuaikan skala FMEA dengan kondisi yang ada. Ada dua macam pengurutan

⁹ D.H Stamatis. FMEA From Theory to Execution, ASQC Quality Press

3. PENGUMPULAN DATA

3.1 Profil Perusahaan

PT. Bukaka Teknik Utama didirikan di Jakarta pada tanggal 25 Oktober 1978 melalui SK Menteri Perindustrian No. 307/M/SK/1978 tentang penyusunan komponen dalam negeri untuk perakitan bermotor dan sejenisnya. Seiring berjalannya waktu, PT Bukaka Teknik Utama mengalami perubahan dan perkembangan sebagai berikut:

- Tahun 1978, perusahaan ini didirikan dengan tujuan untuk membuat mobil pemadam kebakaran yang pada saat itu masih diimpor.
- Tahun 1981, membuat Asphalt Mixing Plant untuk pertama kali. Jumlah karyawan mencapai 259 orang
- Tahun 1983, perusahaan memiliki 600 orang karyawan yang memproduksi *trailer* dan *container* yang khusus dirancang untuk mengangkut tebu di 8 pabrik gula di Indonesia.
- Tahun 1984, diproduksi lagi *container trailers* untuk C. Itoh Jepang dan pada tahun yang sama, perusahaan ini merealisasikan beberapa konstruksi mesin-mesin pertanian seperti mesin penggiling beras, makanan udang dan mesin penggiling kopi.
- Tahun 1985 dan awal 1986, merupakan tahun pengembangan produk seiring dengan perkembangan di sektor tambang perusahaan membuat *conveyor* dan *control system* serta *Galvanizing Plant*. Produk lainnya berupa *pumping unit* untuk industri minyak yang sebelumnya diimpor oleh PT. Caltex Pasific Indonesia dari Amerika, dalam proyek Duri *Steam Flood*, yang ketika itu merupakan tambang minyak terbesar di dunia. Selain itu dengan jumlah karyawan 806 orang perusahaan ini juga mulai mendesain dan memproduksi *High Voltage Transmission Electrical Tower* di Surabaya dan Yandera Gersik. Pada periode ini pula, PT. Bukaka Teknik Utama (BTU) juga mengenai sistem pembakaran batu bara untuk PLTU Suralaya, Jawa Barat, dan Bengkulu.

Universitas Indonesia

- Tahun 1987, perusahaan ini dengan jumlah karyawan 985 orang membuat produk baru yaitu *Asphalt Finisher* dan *Telescopic Passenger Boarding Bridge* (belalai gajah) yang digunakan di lapangan udara. Saat ini lebih dari 55 unit telah diekspor ke beberapa Negara seperti Jepang dan Thailand.
- Tahun 1989, PT. Bukaka Teknik Utama (BTU) memperoleh penghargaan jasa kepeloporan UPAKARTI pemerintah RI atas pengembangan dan pembinaan para industri kecil pada bulan Desember 1989 dan karyawan yang dimiliki saat itu berjumlah 1245 orang.
- Tahun 1990, perusahaan ini mulai membuat *prototype* produk baru yaitu *Gear reducer* untuk *Pumping Unit* dan *Crane Container* untuk pelabuhan, yang digunakan untuk memindahkan dan meletakkan peti kemas dari pelabuhan penyimpanan ke kapal pengangkut atau sebaliknya dengan menggunakan *Port trainer* yang akan dikembangkan di masa yang akan datang. Selain itu, pada tahun yang sama PT. Bukaka Teknik Utama (BTU) berhasil mengekspor satu set *Passenger Boarding Bridge* ke Jepang.
- Tahun 1993, tepatnya pada tanggal 7 Juni, dimulai proyek mesin pembangkit tenaga listrik di Jambi. Proyek ini merupakan kerjasama antara PT. Bukaka Teknik Utama (BTU) dengan *Shanghai United electric Company* (SUEC). Jumlah karyawan yang dimiliki saat itu 1531 orang dan semakin berkembang pesat dengan dibentuknya Bukaka *Cable*, Bukaka *Forging Industries* dan Bukaka Motor. PT. Bukaka Teknik Utama (BTU) juga memperoleh pengakuan dunia internasional untuk hasil produksinya setelah pompa Angguk (*Pumping Unit*) mendapat sertifikat API (*American Petroleum Institute*) dari Dallas, Amerika Serikat.
- Tahun 1995, PT. Bukaka Teknik Utama (BTU) telah mendapat pengakuan dunia untuk produk *Passenger Boarding Bridge* dari ISO 9001 dan perusahaan berhasil mengekspor produk tersebut ke Jepang, Thailand, dan Cina. Saat itu juga tengah mengerjakan pesanan 34 unit dari bandara *Changi*, Singapura dan 8 unit untuk bandara Hang Nadim, Batam. Pada

tahun ini juga, perusahaan berhasil memasuki bursa dan terdaftar sebagai Perseroan terbuka dengan 40% saham berada di pasar modal.

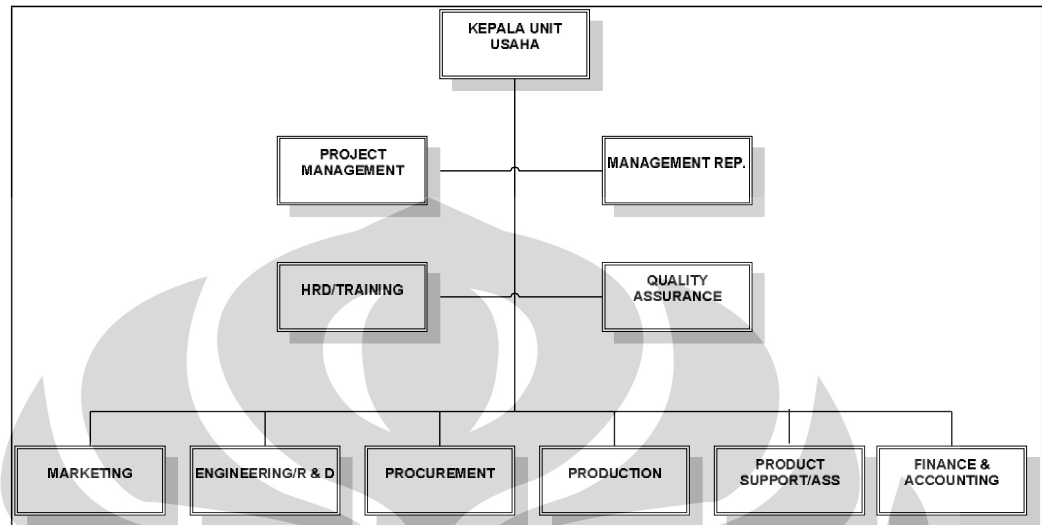
- Tahun 1996, pertumbuhan aset dan pendapatan berkembang rata-rata 50% setiap tahun. Hal ini dimungkinkan oleh adanya peningkatan pembangunan infrastruktur di bidang transportasi, komunikasi, dan energi sebagai dampak dari pada perekonomian Indonesia yang tumbuh sekitar 7% setiap tahun.

PT.Bukaka Teknik Utama membentuk beberapa divisi yang mempunyai peranan masing-masing sebagai berikut:

1. Divisi Keuangan (*Accounting*)
2. Divisi Pemasaran (*Marketing*)
3. Divisi Sumber Daya Manusia (*Human Resource Development*)
4. Divisi Engineering
5. Divisi Produksi
 - Shop I : BRB (Boarding Bridge)
 - Shop II : PMP (Pumping Unit)
 - Shop III : Konstruksi (Plant System Division)
 - Shop IV : Steel Tower
 - Shop V : Special Vehicle
 - Shop VI : RCE (Road Construction Equipment)
 - Shop VII : JBT (Jembatan)
 - KPS (Komponen Shop)
 - MGS (Machining and Gear Shop)
 - GLV (Galvanis)
 - MNC (Maintenance)
6. Bukaka Energy System
7. Bukaka Telekomunikasi

3.2 Divisi Road Construction Equipment (RCE)

3.2.1 Struktur Organisasi RCE



Gambar 3.1. Struktur Organisasi RCE

3.2.2 Produk yang dihasilkan unit usaha RCE

Produk yang dihasilkan oleh unit usaha RCE antara lain:

- *Bukaka Asphalt Mixing Plant (BAMP)*

Direncanakan untuk memproses campuran agregat dan aspal yang menghasilkan produk *hot mix* sebagai bahan konstruksi jalan, dengan kapasitas 800, 1000 dan 1200 kg tiap proses pencampuran. Komposisi campuran diatur dari empat *Compartment Bins* dan sistem timbangan.



Gambar 3.2. Bukaka Asphalt Mixing Plant (BAMP)

- *Bukaka Asphalt Patch Mix (BAPM)*

Merupakan alat pencampur agregat-aspal secara panas dengan kapasitas nominal produk 3 TPH (100 liter per proses). Sangat cocok digunakan untuk perbaikan jalan aspal atau pengaspalan jalan ukuran kecil. Alat ini merupakan terobosan untuk memenuhi kebutuhan *hot mix* dengan peralatan yang sederhana, bentuk dan ukuran kecil, dan mampu menghasilkan produk *hot mix* yang homogen dan cepat.



Gambar 3.3. Bukaka Asphalt Patch Mix (BAPM)

- *Bukaka Asphalt Sprayer (BAS)*

Merupakan salah satu mesin perawatan jalan yang dihasilkan melalui rekayasa engineering yang kompak, mudah di dalam proses pengoperasiannya serta konstruksi yang kuat. Unit ini dilengkapi dengan lengan penarik yang dapat diatur sesuai dengan ketinggian pengait (*hook*) dari kendaraan penariknya.



Gambar 3.4. Bukaka Asphalt Sprayer (BAS)

- *Bukaka Road Roller (BRR)*

Merupakan mesin penggilas jalan dengan kapasitas beban gilas 6/8 ton tanpa pemberat. Sangat cocok digunakan untuk mneggilas jalan koral, jalan macadam, jalan aspal, jalan dari gypsum dan lain-lain.



Gambar 3.5. Bukaka Road Roller (BRR)

- *Bukaka Tandem Vibratory Roller (BTVR)*

Merupakan mesin penumbuk jalan tipe tandem dengan penggetar berkapasitas 2,5, 4, 6, 8, dan 10 ton dengan penggerak roda belakang. Alat ini dilengkapi dengan dua buah *silindrical steel wheel* dengan ukuran sama dan perangkat vibrator, sehingga alat ini juga berfungsi sebagai compactor, perangkat vibrator digerakkan dengan sistem hidrolik. BTVR sangat cocok digunakan sebagai pemadat akhir dengan sistem *rolling* dan pemadat getar terutama pada jalan jenis aspal beton kelas *high way*.



Gambar 3.6. Bukaka Tandem Vibratory Roller (BTVR)

- *Bukaka Tandem Static Roller (BTSR)*

Adalah mesin penumbuk jalan tipe tandem statis. Terdiri dari dua model yaitu BTSR-6 dan BTSR-8, masing-masing memiliki kapasitas 6 ton tanpa *ballast* untuk model BTSR-6 dan 8 ton tanpa *ballast* untuk BTSR-8. Alat ini dapat diisi ballast sampai dengan berat total masing-masing mencapai 8 dan 10 ton. Cocok digunakan untuk proses pemadatan akhir pada konstruksi jalan aspal beton, juga jalan umum kelas menengah dan pedesaan.

- *Stone Crushing Plant (BSC)*

Merupakan salah satu produk PT Bukaka Teknik Utama yang disediakan sebagai peralatan pemecah batu. Unit ini dirancang untuk menghasilkan nilai

ekonomis yang tinggi, karena disediakan dengan kapasitas standar. PT. Bukaka Teknik Utama juga memproduksi BSC untuk pemakaian jenis batuan lainnya, seperti: batu bara, batu kapur, dolomite, bentonite, dan lain sebagainya.



Gambar 3.7. Stone Crushing Plant (BSC)

- *Road Maintenance Truck (BRMT-3)*
Merupakan salah satu produk unit mobil perawata jalan yang dirancang untuk dapat digunakan memperbaiki kerusakan pada jalan raya dengan cara terpadu. *Agregat hopper* dibuat dari bahan baja dilapis dengan insulation untuk menjaga aspal *hotmix* tetap pada temperatur pakai.



Gambar 3.8. Road Maintenance Truck (BRMT-3)

3.3 Asphalt Mixing Plant (AMP)

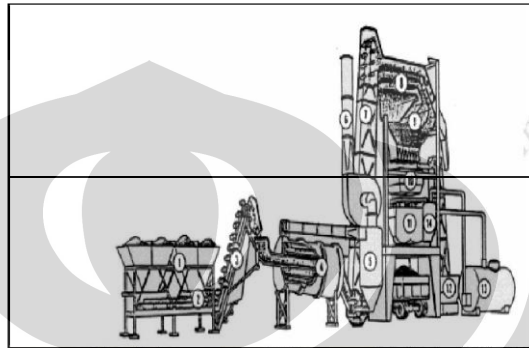
3.3.1 Tipe AMP

Asphalt Mixing Plant (AMP) merupakan produk andalan unit usaha RCE. Dilihat dari mobilitasnya, pada umumnya *Asphalt Mixing Plant (AMP)* dibagi menjadi dua tipe yaitu :

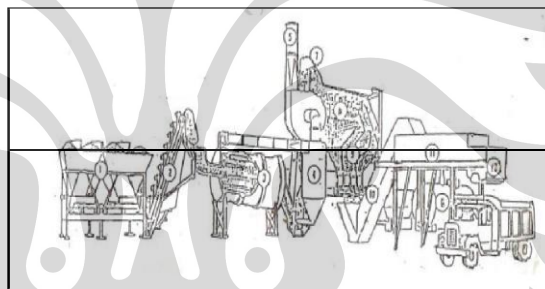
- AMP yang permanen, dengan beberapa jenis cara produksinya.
- AMP yang portable (mudah dipindah-pindah) dan dapat dipasang di dekat lokasi proyek untuk menghasilkan campuran aspal.

Jika dilihat dari jenis produksinya maka secara umum AMP terbagi menjadi tiga tipe yaitu :

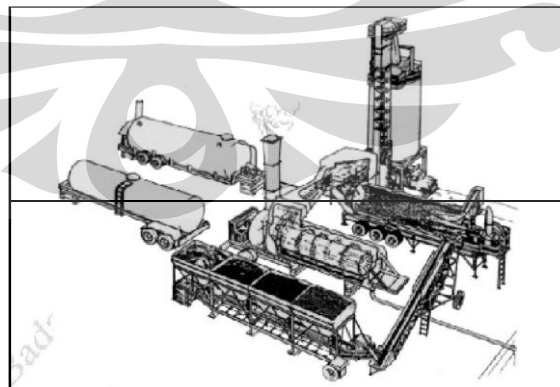
- AMP tipe timbangan (*batch*)
- AMP tipe menerus (*continous*)
- AMP tipe *drum-mix*.



Gambar 3.9. AMP Tipe *Batch* (Timbangan)



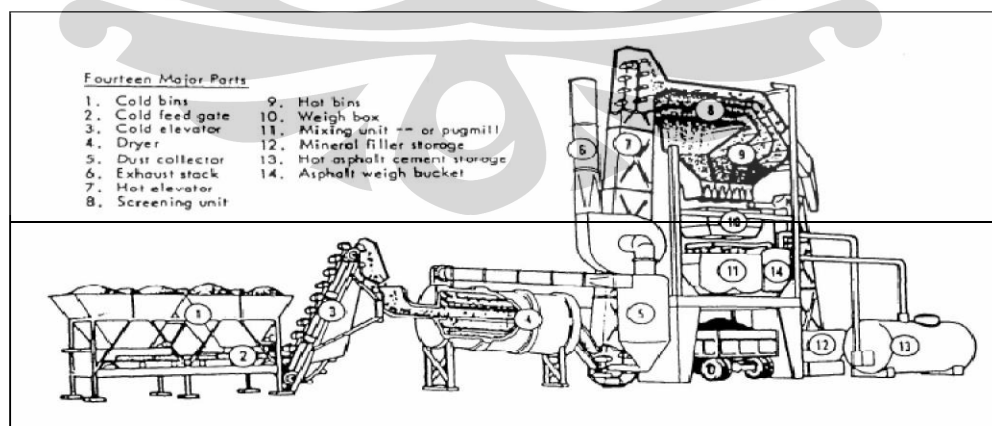
Gambar 3.10. AMP Tipe *Continous*



Gambar 3.11. AMP Tipe *Drum-Mix*

Pada AMP tipe timbangan mempunyai timbangan untuk agregat, timbangan untuk bahan pengisi (*filler*), timbangan untuk aspal. Agregat panas, *filler* serta aspal yang telah ditimbang tersebut di masukkan dan diaduk di dalam *pugmill*. Pada AMP tipe menerus maka gradasi campuran didapat dengan pengaturan keluaran agregat bin panas yang dicampur dengan kadar aspal yang diatur melalui pengaturan kecepatan pompa aspal. Sedangkan pada AMP tipe drum, agregat yang dikeringkan dan dipanaskan dalam drum juga dicampur dengan aspal dengan mengatur kecepatan pompa aspal. Pemimpin proyek harus dapat melakukan pemeriksaan terhadap AMP yang dipasang di lokasi unit produksi campuran aspal dan siap beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang diberikan. Untuk itu Pemimpin Proyek harus mengenal dengan baik AMP dengan segala peralatannya agar dapat menilai kondisi mekanikal tiap komponen-komponen AMP tersebut, dan dapat menentukan kelaikan operasional peralatan sesuai dengan spesifikasi dan syarat-syarat keamanan yang ditetapkan. Tiap hal-hal yang tidak benar atau tidak efisien harus dicatat dalam laporan kondisi mekanikal peralatan sesuai spesifikasi dan syarat-syarat keamanan yang ditetapkan. Jika terdapat kesalahan mekanikal, maka harus dikoreksi lagi setiap awal pengoperasian pencampuran. Kapasitas produksi minimum yang harus dicapai dan AMP harus ditentukan oleh pemeriksa peralatan.

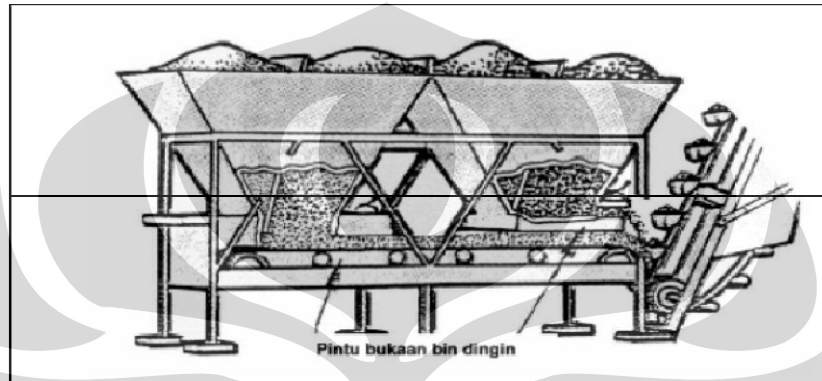
3.3.2 Bagian Utama AMP



Gambar 3.12. AMP Tipe *Batch*

Untuk produk BUKAKA, AMP yang diproduksi adalah AMP tipe *batch*. Maka dari itu untuk pembahasan selanjutnya akan dibahas hanya mengenai AMP tipe *batch*. AMP terdiri dari beberapa komponen besar yang diantaranya sebagai berikut :

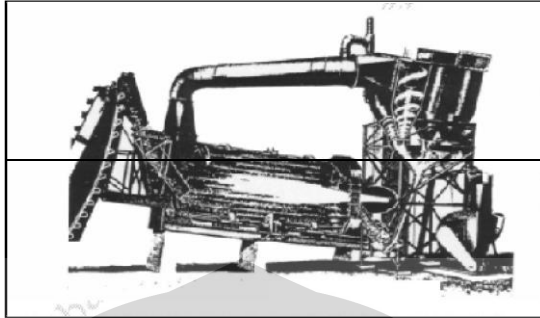
3.3.2.1 Bin Dingin (Cold Bins)



Gambar 3.13. Bin Dingin

Sistem pemasok agregat dingin umumnya digunakan pada unit produksi yang mudah dipindah-pindah dan dipasang pada empat atau lebih bin (penampung material), bukaan atau pintu yang dapat disetel, reciprocating feeder dan atau menggunakan ban pengangkut (conveyor belt) feeder, dan material dingin pada ban pengangkut tersebut akan diteruskan oleh sistem pengangkut (dryer elevator) menuju pengering. Pada jenis lain dipasang bin yang terpisah, bukaan yang dapat diatur, dan sistem ban berjalan. Bukaan pada sistem pemasok harus dapat diatur sehingga didapat agregat dengan kuantitas dan ukuran yang tepat agar sesuai dengan job-mix formula yang diminta.

3.3.2.2 Pengering (Dryer)



Gambar 3.14. Pengering (*Dryer*)

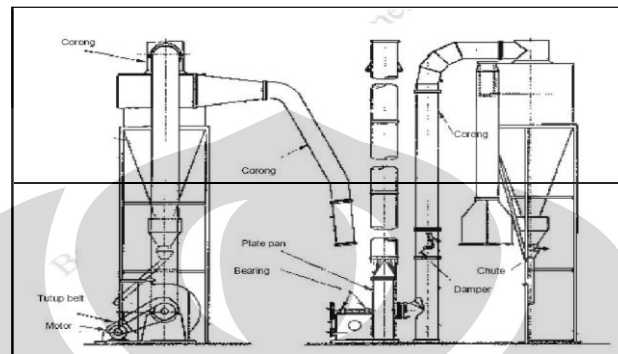
Dari pemasok dingin maka campuran agregat diangkat ke dalam pengering untuk dipanaskan dan dikeringkan pada temperatur dan kelembaban yang diminta. Komponen yang terdapat pada sistem pengering adalah :

- Silinder berputar (pengering) yang umumnya berdiameter 91 sampai dengan 305 cm dan mempunyai panjang dari 610 sampai dengan 1.219 cm.
- Ketel pengering (burner) yang berisi gas atau minyak bakar untuk penyalaaan.
- Kipas (fan) sebagai bagian dari sistem pengumpul debu, tapi fungsi utamanya adalah untuk memberikan udara atau oksigen untuk pembakaran dalam drum.

Pada pengering dipasang serangkaian baris irisan atau potongan metal yang melengkung atau dilas dalam bentuk bervariasi dan melekat pada permukaan di bagian sebelah dalam silinder tersebut. Potongan-potongan ini dikenal sebagai "lifting flights atau flight cup" dan bentuk lainnya dengan fungsi yang relative serupa. Flight yang dipakai untuk mengangkat dan menjatuhkan agregat melalui gas panas pembakaran umumnya berbentuk "L". Jumlah, bentuk dan susunan flights penting untuk efisiensi pengeringan. Bentuk pengering, kecepatan putaran, diameter, panjang, jumlah, dan disain dari flight mempengaruhi atau mengontrol lamanya waktu yang diperlukan pada proses pengeringan di dalam sistem pengering. Selanjutnya agregat dari pengering menuju elevator panas (hot elevator) melalui lubang atau pintu pengeluaran dekat pembakar di akhir alat

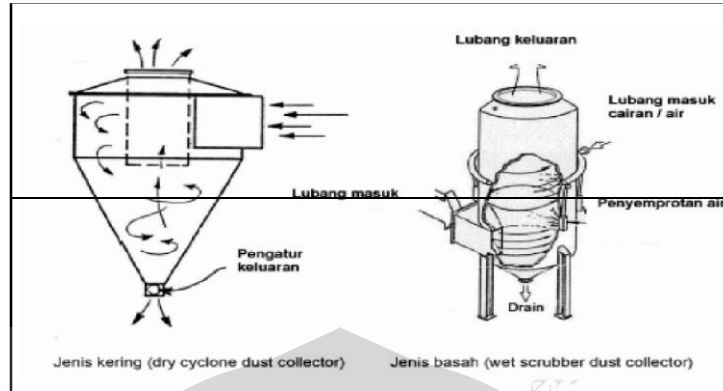
pengering. Sebuah alat sensor dari instrumen termometrik ditempatkan pada lubang pengeluaran yang akan mencatat atau memberikan data temperature agregat yang keluar dari sistem pengering.

3.3.2.3 Pengumpul Debu (Dust Collector)



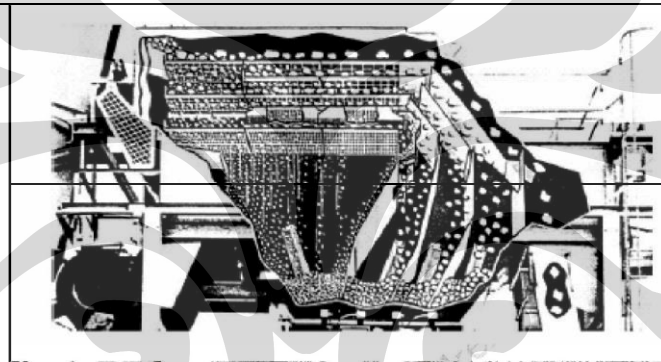
Gambar 3.15. Pengumpul Debu (*Dust Collector*)

Alat pengumpul debu berfungsi sebagai alat kontrol polusi udara. Gas buang didorong oleh kipas dari sistem pengering dan akibat adanya kecepatan dari gas buang maka terbawa pula partikel debu dari sistem pengering yang selanjutnya dibawa ke pengumpul debu. Pada sistem pengumpul debu terdapat beberapa jenis kombinasi pengumpul debu, yaitu kantong filter untuk partikel yang sangat halus pada gas buang lalu debu tersebut di transfer ke dalam bin untuk mineral filler, pengumpul debu cyclone untuk mengumpulkan partikel yang selanjutnya dikembalikan ke bin panas melalui sistem pengatur udara (air lock damper), pengumpul debu tipe basah (wet scrubber dust collector) mengumpulkan debu lebih lanjut dari gas buang setelah melalui pengumpul debu tipe cyclone atau kombinasi lainnya untuk sistem pengumpul debu. Muatan udara yang berisi partikel debu, asap, dan gas harus direduksi atau dikontrol sampai ambang batas yang telah ditentukan oleh peraturan-peraturan mengenai dampak lingkungan untuk mencegah polusi pada atmosfer.



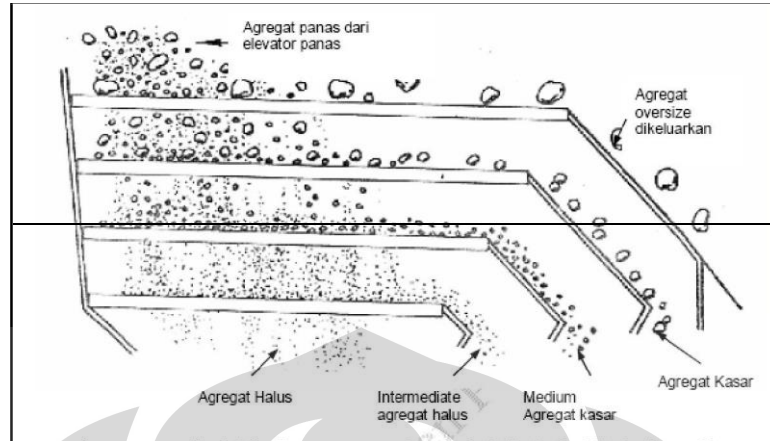
Gambar 3.16. Dua Tipe Pengumpul Debu (*Dust Collector*)

3.3.2.4 Unit Ayakan (Screening Unit)



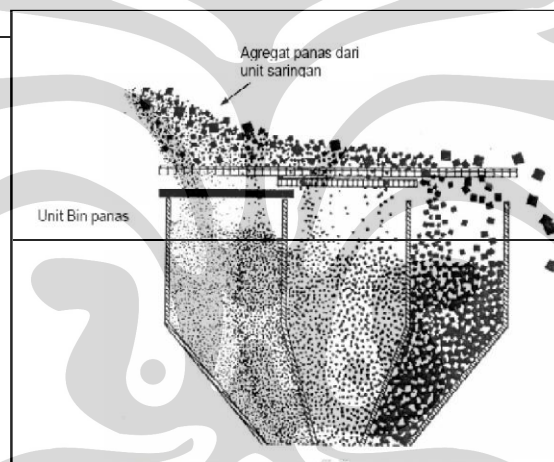
Gambar 3.17. Unit Ayakan (Screening Unit)

Pada unit ayakan AMP tipe batch dan continuous, agregat panas yang dibawa oleh bucket elevator dikirim ke unit ayakan untuk selanjutnya disaring dan dipisahkan ke dalam ukuran-ukuran yang diminta dan sisa berbagai ukuran tersebut dikirim ke dalam bin penampung agregat bergradasi. Kebanyakan AMP memakai ayakan tipe datar dengan sistem penggetar, yang biasanya terdiri dari empat dek. Ukuran dari ayakan pada tiap dek tergantung dari agregat yang ingin dihasilkan. Bagian atas dan dek ditutup oleh ayakan “scalping” yang akan menggerakkan material oversize dan mengurangi material tersebut ke dalam pintu pembuang. Unit ayakan harus dibersihkan tiap hari dan dicek dan kemungkinan rusak atau robek, Jika terjadi kerusakan maka ayakan tersebut harus diganti.



Gambar 3.18. Susunan Saringan Pada *Screening Unit*

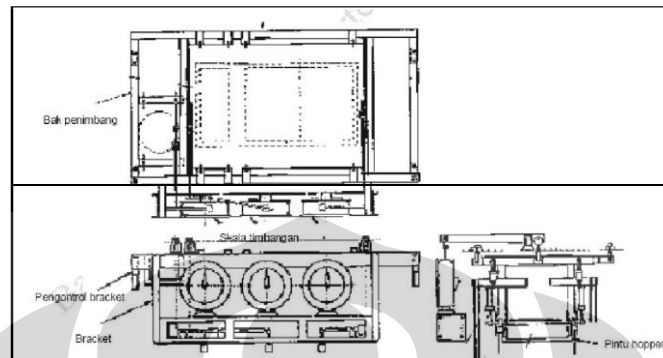
3.3.2.5 Bin Panas (Hot Bins)



Gambar 3.19. Bin Panas (*Hot Bins*)

AMP tipe batch dan tipe continous harus memiliki beberapa bin agregat sesuai dengan spesifikasi yang diminta. Bin tersebut harus bersih dan menampung agregat dalam berbagai ukuran fraksi untuk tipe campuran aspal yang akan dihasilkan. Pembatas antar bin harus rapat dan kuat, tidak boleh berlubang, serta mempunyai tinggi yang tepat untuk mencegah tercampurnya agregat satu dengan agregat lainnya. Tiap bin harus dipasang saluran pipa untuk membuang agregat yang berlebih dan bin. Pada bagian bawah dan tiap bin dipasang dengan saluran atau bukaan sebagai pembuang yang dapat dioperasikan secara manual atau otomatis.

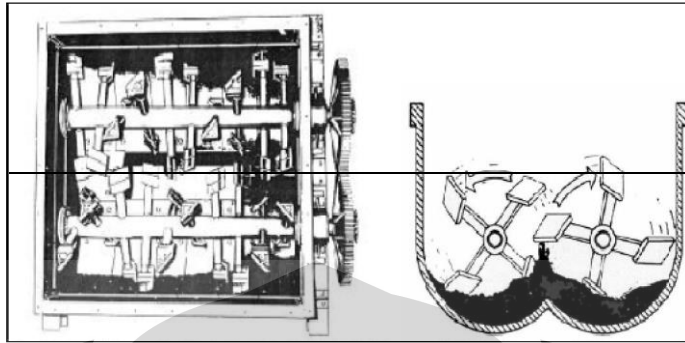
3.3.2.6 Timbangan (Weight Box)



Gambar 3.20. Timbangan (*Weight Box*)

Pada AMP tipe batch terdapat tiga macam timbangan yaitu timbangan agregat, timbangan bahan halus (*filler*), dan timbangan aspal. Pada AMP tipe batch, timbangan untuk agregat dikunci langsung di bawah bin agregat bergradasi. Berat dari hopper diteruskan atau ditransmisikan oleh mekanisme timbangan yang biasanya dipasang skala penunjuk tanpa pegas sehingga berat agregat dari tiap bin dan jumlahnya dalam tiap batch dapat dibaca dan dicatat. Urutan penimbangan dari tiap bin harus diamati secara cermat dan sebaiknya penimbangan fraksi agregat yang besar atau kasar didahulukan. Jika unit AMP akan beroperasi, sebaiknya skala timbangan dibersihkan, tiap bagian dicek, dan harus dilaksanakan kalibrasi timbangan secara periodik oleh instansi yang berwenang. AMP sebaiknya menggunakan sistem kontrol yang otomatis untuk mendapatkan pencampuran dengan proporsi yang benar.

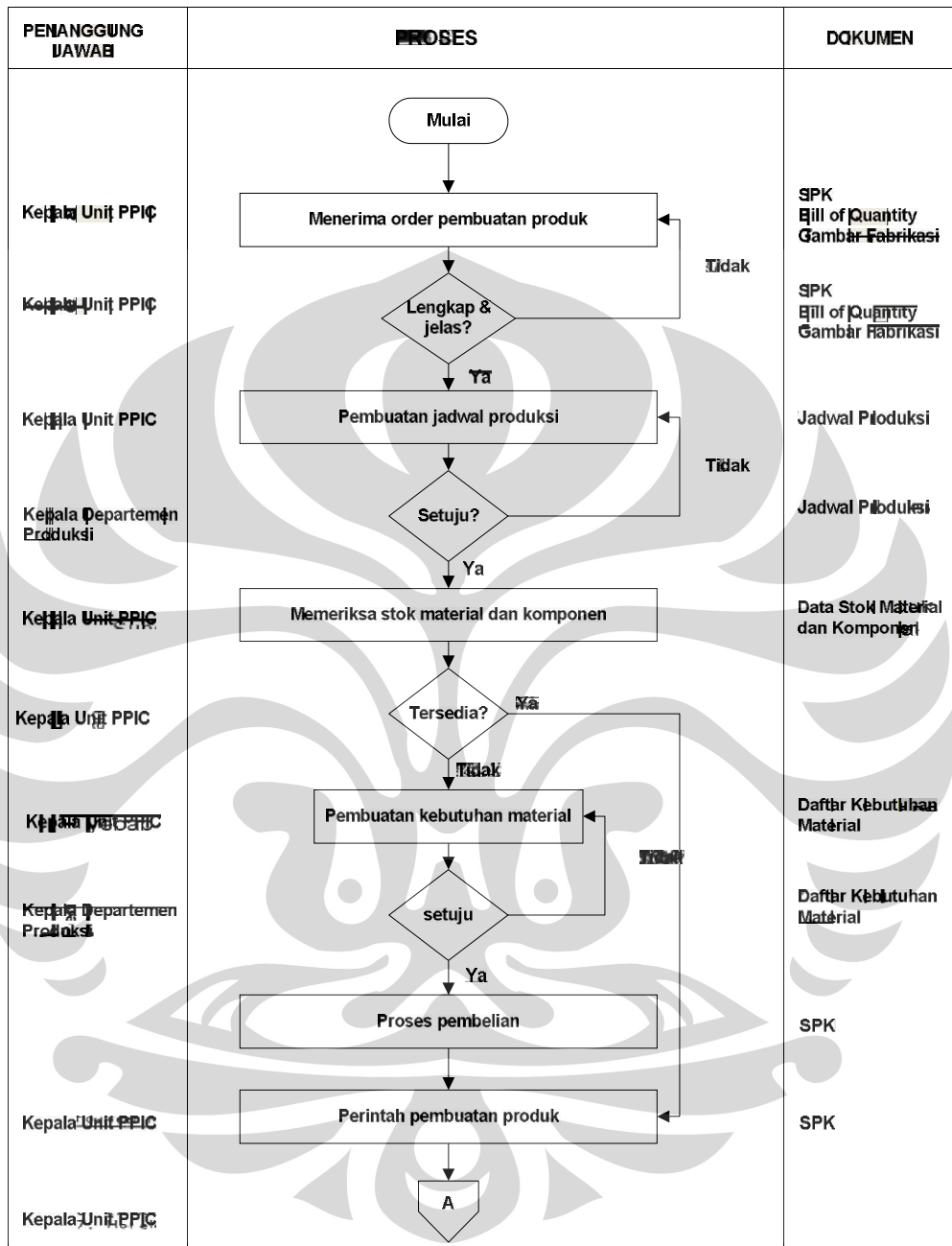
3.3.2.7 Mixing Unit / Pugmill



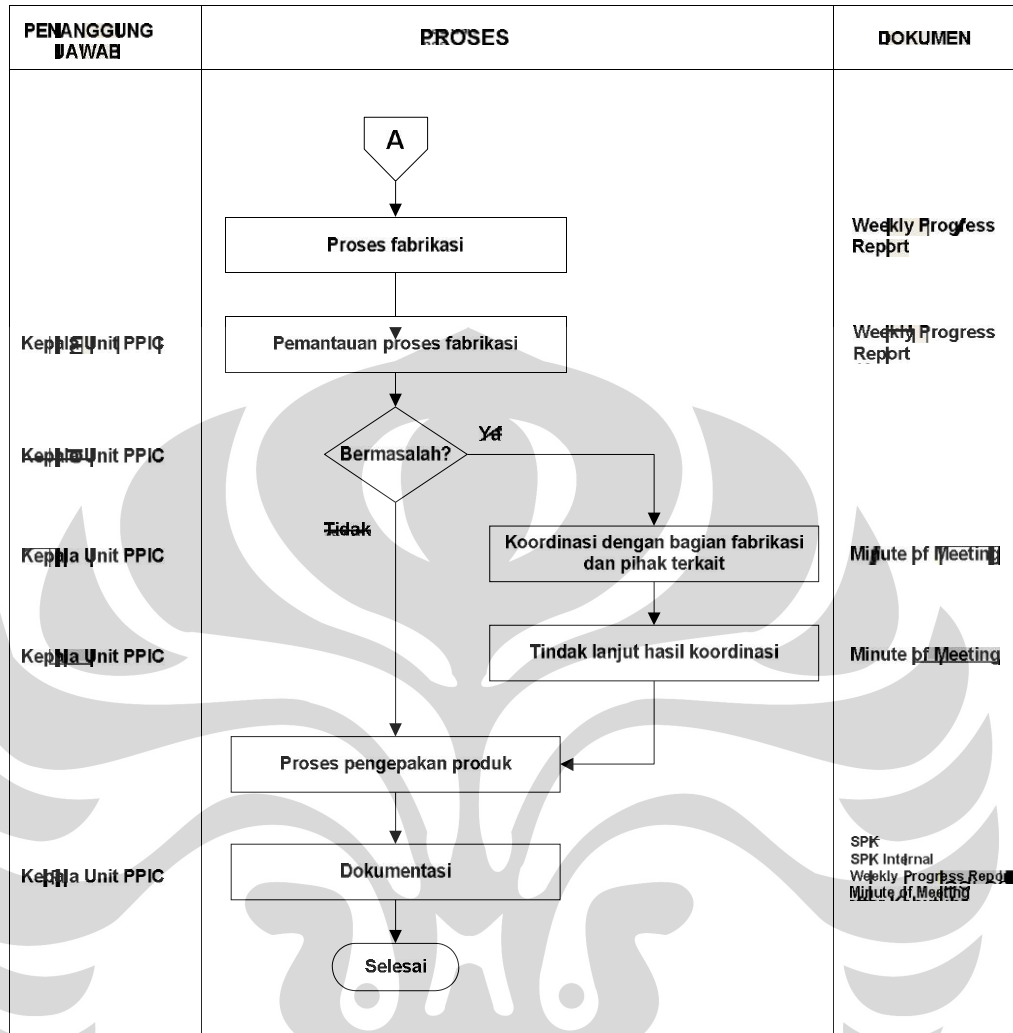
Gambar 3.21. Bagian Dalam *Mixing Unit / Pugmill*

Setelah ditimbang, maka agregat dan aspal dicampur di dalam pencampur pugmill. Pencampur pugmill adalah suatu corong kembar pencampur yang didesain untuk mencampur material dengan sebaik-baiknya dan menyelimutkan agregat dengan aspal. Waktu pencampuran harus sesingkat mungkin untuk mendapatkan penyelimutan agregat yang seragam pada semua butir agregat. Waktu pencampuran yang berlebihan cenderung menimbulkan degradasi pada agregat dan aspal terbakar. Setelah agregat masuk ke pugmill dan suatu periode singkat dari pengeringan campuran terjadi, akan diikuti oleh pencampuran basah setelah aspal disemprotkan ke dalam pugmill. Pencampur pugmill terdiri dari suatu ruang (chamber) dan poros kembar (twin shaft) untuk mencampur, corong dengan rotasi (counter rotating shafts) dengan kayuh atau pedal (paddles) pada ujung setiap tangkai pedal, dan batang penyemprot aspal. Pedal dibentuk untuk menghasilkan efisiensi maksimum dalam pencampuran dan harus dalam posisi yang sedemikian rupa agar supaya ruang bebas (clearance) antara ujung (tip) pedal dan dinding ruang pencampuran kurang dari 1,5 kali ukuran maksimum agregat, karena kalau tidak, daerah sumbatan dapat bertambah sehingga material tidak tercampur dan terselimuti oleh aspal secara merata.

3.3.3 Proses Produksi AMP



Gambar 3. 22. Flow Chart Proses Produksi AMP



Gambar 3. 22. Flow Chart Proses Produksi AMP (Lanjutan)

3.4 Defect

Defect merupakan suatu keadaan dimana barang atau produk yang ada tidak sesuai dengan standar spesifikasi yang telah ditentukan atau tidak sesuai dengan keinginan pelanggan. Barang atau produk yang mengalami *defect* biasanya disebut dengan barang atau produk NG (*Not Good*). *Defect* sangat sulit untuk dihindari, tetapi dapat diupayakan agar jumlahnya berkurang.

Dalam proses produksi AMP, *defect* dapat terjadi karena beberapa alasan. Secara garis besar penyebab *defect* dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- Material yang digunakan tidak sesuai dengan standar seperti keropos, berkarat, dan lain-lain.
- Ketidaksesuaian komponen dengan standar yang ditentukan seperti diameter yang terlalu besar atau terlalu kecil, panjang komponen yang tidak sesuai ukuran dan lain-lain.
- Kesalahan operator dalam merakit produk seperti posisi komponen yang tidak sesuai dengan gambar desain, hasil pengelasan yang tidak rata, tidak melakukan pengecatan dasar dan lain-lain.

Data mengenai komponen atau material yang mengalami *defect* dalam proses produksi AMP didapatkan dari *Non Conformance Report* (NCR) sebagaimana terlampir. Data yang diambil merupakan data dua tahun terakhir. Karena jumlah produksi AMP tiap tahun tidak terlalu banyak, maka jumlah *defect* yang dihitung adalah banyaknya komponen cacat yang ada pada satu unit produk. Berdasarkan hasil wawancara dengan operator, satu unit AMP terdiri dari sekitar 300 komponen. Berikut ini merupakan rekapitulasi jumlah dan jenis cacat yang terjadi pada proses produksi AMP dalam dua tahun terakhir.

Tabel 3.1. Rekapitulasi Jumlah Defect

Periode	Jumlah Sampel Komponen	Jumlah Defect
2006	300	16
	300	17
	300	12
	300	13
	300	15
	300	21
	300	14
	300	13
	300	22
	300	11
	300	24
	300	13
	300	17
	300	12
	300	11

Tabel 3.1. Rekapitulasi Jumlah *Defect* (Lanjutan)

Periode	Jumlah Sampel Komponen	Jumlah Defect
2007	300	19
	300	23
	300	17
	300	19
	300	21
	300	10
	300	17
	300	16
	300	16
	300	25
	300	14
	300	22
	300	19
	300	21
	300	16
	300	16
	300	25
	300	45
	300	32
	300	22
	300	21
	300	23
	300	31
	300	18
300	27	
2008	300	29
	300	21
	300	23
	300	18
	300	27
	300	21
	300	31
	300	15
	300	22
300	21	
TOTAL	10500	994

Pengumpulan data kualitatif seperti faktor-faktor penyebab terjadinya defect yang akan digunakan sebagai input pada diagram sebab-akibat dilakukan dengan menggunakan metode *brainstorming* dan menanyakan 5W+1H kepada pihak-pihak yang terkait dalam proses produksi seperti operator dan *Quality Control* (QC).

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

4.1 Tahap *Define*

4.1.1 Mengidentifikasi Masalah

Langkah pertama dari lima tahap DMAIC ini terdiri dari beberapa aktivitas yaitu, mendefinisikan masalah yang terjadi, mengidentifikasi keinginan pelanggan dan memetakan proses. Untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, data yang telah dikumpulkan pada bab sebelumnya dikelompokkan berdasarkan penyebab cacatnya. Ada tiga penyebab umum yang menyebabkan cacat pada proses produksi AMP yaitu material, komponen dan karena faktor manusia dalam proses perakitan. Berikut ini merupakan rekapitulasi jumlah cacat pada proses produksi AMP berdasarkan jenisnya.

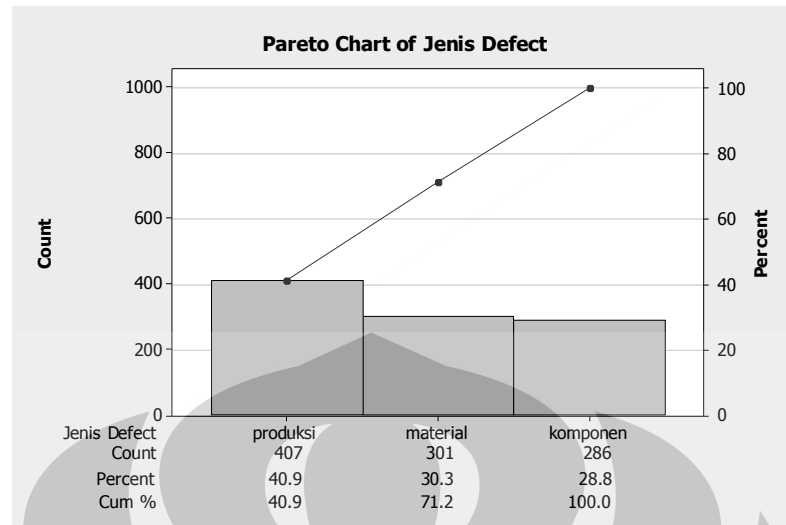
Tabel 4.1. Rekapitulasi Jumlah Cacat Berdasarkan Jenisnya

Periode	Jumlah Sampel Komponen	Jumlah Defect	X2	Jenis Defect		
				Material	Komponen	Proses
2006	300	16	256	5	3	8
	300	17	289	4	4	9
	300	12	144	4	5	3
	300	13	169	3	3	7
	300	15	225	2	3	10
	300	21	441	7	5	9
	300	14	196	6	5	3
	300	13	169	5	3	5
	300	22	484	3	8	11
	300	11	121	2	4	5
	300	24	576	6	7	11
	300	13	169	2	1	10
	300	17	289	5	4	8
	300	12	144	5	5	2
	300	11	121	4	5	2
2007	300	19	361	4	4	11
	300	23	529	10	4	9
	300	17	289	2	8	7
	300	19	361	4	7	8
	300	21	441	2	10	9

Tabel 4.1. Rekapitulasi Jumlah Cacat Berdasarkan Jenisnya (lanjutan)

Periode	Jumlah Sampel Komponen	Jumlah Defect	X2	Jenis Defect		
				Material	Komponen	Proses
2007	300	10	100	2	1	7
	300	17	289	3	6	8
	300	16	256	5	5	6
	300	16	256	4	7	5
	300	25	625	12	3	10
	300	14	196	2	1	11
	300	22	484	4	8	10
	300	19	361	7	3	9
	300	21	441	5	8	8
	300	16	256	11	2	3
	300	16	256	6	4	6
	300	25	625	7	8	10
	300	45	2025	16	17	12
	300	32	1024	12	5	15
	300	22	484	8	7	7
	300	21	441	3	8	10
	300	23	529	9	7	7
	300	31	961	12	5	14
	300	18	324	4	7	7
	300	27	729	14	3	10
2008	300	29	841	7	8	14
	300	21	441	6	7	8
	300	23	529	8	9	6
	300	18	324	7	8	3
	300	27	729	7	10	10
	300	21	441	7	7	7
	300	31	961	12	3	16
	300	15	225	6	6	3
	300	22	484	9	9	4
	300	21	441	1	6	14
TOTAL	9000	664	16078	216	188	260

Untuk menentukan jenis cacat yang menjadi fokus dalam peningkatan kinerja proses, maka dilakukan penentuan prioritas dengan menggunakan diagram pareto. Berikut ini merupakan hasil perhitungan diagram pareto dengan menggunakan *software* minitab 14.



Gambar 4.1. Diagram Pareto Jenis Cacat

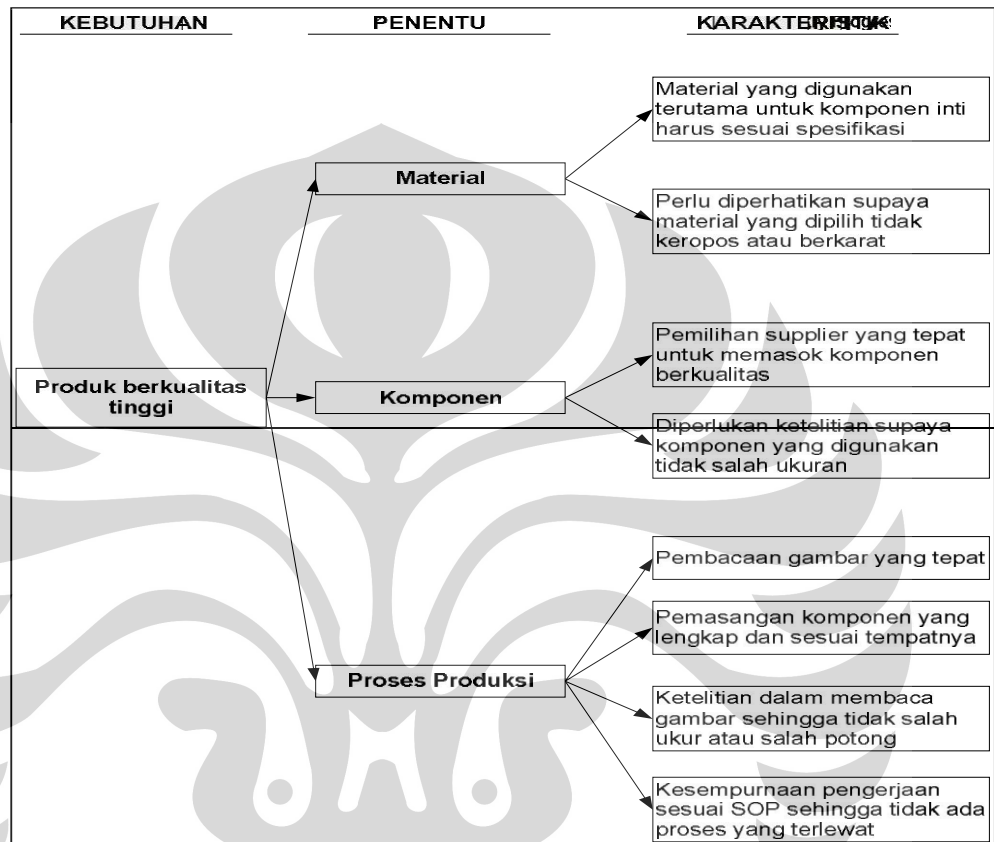
Berdasarkan tabel rekapitulasi serta diagram Pareto di atas, maka dapat disimpulkan bahwa faktor produksi atau kesalahan manusia (operator) menjadi penyebab yang paling dominan dalam masalah cacat pada produksi AMP di PT Bukaka.

4.1.2 Mengidentifikasi Karakteristik CTQ

Selain menetapkan permasalahan yang terjadi, tahap define juga memungkinkan kita untuk mengetahui keinginan pelanggan terhadap produk yang dihasilkan. Keinginan pelanggan disebut juga dengan *Voice of Customer* (VOC). Dari VOC tersebut dapat diketahui karakteristik produk yang penting dan berpengaruh terhadap tingkat kualitas produk. Semuanya disusun dalam diagram yang disebut *Critical to Quality* (CTQ).

Untuk produk AMP yang dihasilkan oleh PT Bukaka, terdapat tiga faktor penentu yang berpengaruh terhadap kualitas produk yaitu material yang digunakan, komponen yang dibeli dari supplier serta proses *assembly* material serta komponen tersebut. Pemilihan material serta komponen yang berkualitas tinggi merupakan hal yang wajib dilakukan untuk menjamin produk yang dihasilkan nantinya juga memiliki kualitas yang bagus. Proses *assembly* yang benar dan sesuai SOP diperlukan supaya tidak ada komponen yang salah posisi,

tidak sesuai ukuran, atau adanya proses *finishing* yang terlewatkan oleh operator. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara dengan operator, maka CTQ produk AMP yang dihasilkan PT Bukaka adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2. Diagram CTQ


4.1.3 Memetakan Proses

Pemetaan proses merupakan langkah terakhir dalam tahap define yang bertujuan untuk memperlihatkan masukan dan keluaran dari proses yang akan mengalami perbaikan. Alat yang biasa digunakan dalam melakukan pemetaan proses adalah diagram *supplier-input-process-output-customer* (SIPOC Diagram)¹⁰.

¹⁰ Peter S. Pande, *et al.*, *Op. Cit.* Hal 94

- *Suppliers* adalah orang atau perusahaan yang menyediakan informasi, material atau sumber daya lainnya yang akan dikerjakan dalam proses
- *Inputs* adalah informasi atau material yang disediakan oleh pemasok yang digunakan dan diubah dalam proses
- *Process* adalah kumpulan langkah-langkah yang mengubah (dan menambah nilai guna) masukan
- *Outputs* adalah produk atau jasa yang digunakan oleh pelanggan
- *Customers* adalah orang, perusahaan atau proses lain yang menerima keluaran dari suatu proses

Gambar di bawah ini adalah diagram SIPOC produk AMP.

Supplier	Inputs	Process	Outputs	Customer
Provider Supplier Dalam Negeri	Inputs description Material Mesin Karyawan Instruksi Kerja	 Lihat Proses pembuatan AMP pada BAB sebelumnya	Outputs Description Produk AMP yang sesuai dengan spesifikasi	Recipient of Output Dinas PU Kontraktor Swasta

Gambar 4.3. Diagram SIPOC

4.2 Tahap Measure

4.2.1 Uji Kecukupan Data

Hasil yang didapatkan dalam suatu penelitian dipengaruhi oleh jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian tersebut. Untuk mengetahui apakah jumlah sampel yang diambil sudah mencukupi atau mewakili populasi yang sesungguhnya, maka perlu dilakukan uji kecukupan data.

Rumus yang digunakan adalah¹¹:

$$N' = \left\lceil 40 \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}\right)^2}{n}}}{\sum_{i=1}^n X_i} \right\rceil^2$$

Dimana:

N' = jumlah data yang diperlukan

N = jumlah data observasi

X = nilai data

Berdasarkan rumus di atas maka jumlah data yang diperlukan adalah:

$$N' = \left\lceil 40 \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}\right)^2}{n}}}{\sum_{i=1}^n X_i} \right\rceil^2 = 43$$

Jumlah data yang dibutuhkan untuk mewakili populasi sebenarnya adalah 43, sementara data observasi yang dikumpulkan adalah sebanyak 50 data. Dengan kata lain jumlah data observasi sudah mencukupi dan mewakili populasi.

4.2.2 Studi Kapabilitas Proses

4.2.2.1 Diagram Kendali (*Control Chart*)

Dalam lingkungan kerja, bagaimanapun suatu proses didesain dengan baik akan selalu ada sejumlah perbedaan secara alami yang melekat dalam sistem. Selama jumlahnya masih kecil, perbedaan tersebut masih dapat diterima. Dari sudut pandang pengendalian proses, perbedaan ini disebut “*common variation*”. Selain *common variation*, dalam sebuah sistem juga terdapat *special variation*. Variasi ini terjadi karena adanya perubahan pada salah satu atau lebih elemen dalam sistem (*man, machine, method, environment*). Semua proses yang hanya memiliki *common variation* disebut proses yang “*in control*”¹².

¹¹ Mark S. Sanders, Ernest J. McCormick, *Human Factors in Engineering Design* (New York, 2003)

¹² D.H. Stamatis, *Six Sigma and Beyond-Statistical Process Control, Volume IV* (New York, 2003).

Tujuan penggunaan diagram kendali adalah¹³:

- Mengidentifikasi *special variation* dan memisahkannya dengan *common variation*.
- Menentukan jenis proses. Jika proses berada dalam pengendalian maka untuk melakukan perbaikan (improvement) perlu perubahan yang sistematis bukan yang disesuaikan.
- Memperkirakan kemampuan proses untuk memenuhi kebutuhan pelanggan
- Mengendalikan usaha pebaikan yang berkesinambungan
- Sebagai rencana perbaikan proses.

Karena data yang digunakan adalah data atribut yaitu data yang mengklasifikasikan suatu proses atau produk menjadi cacat atau tidak cacat, maka jenis diagram kendali yang digunakan adalah diagram kendali C. Lebih spesifik lagi, diagram kendali C digunakan sebagai alat untuk memperlihatkan jumlah ketidaksesuaian dalam satu unit produk. Formula untuk diagram kendali C adalah:

$$\begin{aligned} UCL &\equiv \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\ LCL &\equiv \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \end{aligned}$$

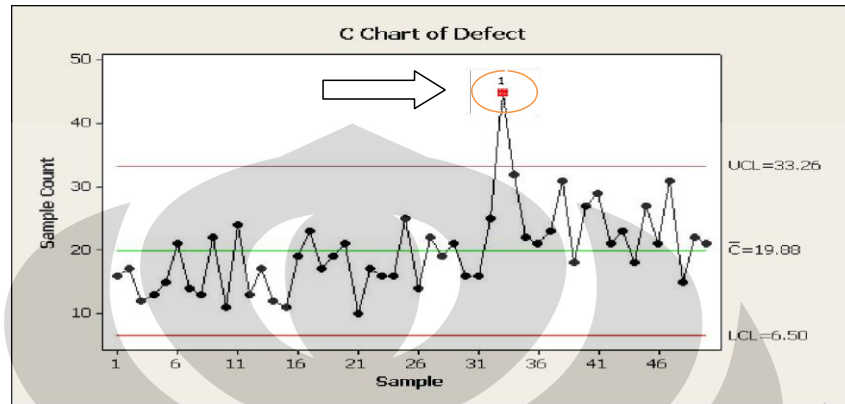
Dimana:

c = jumlah kerusakan pada unit i

k = jumlah sampel unit

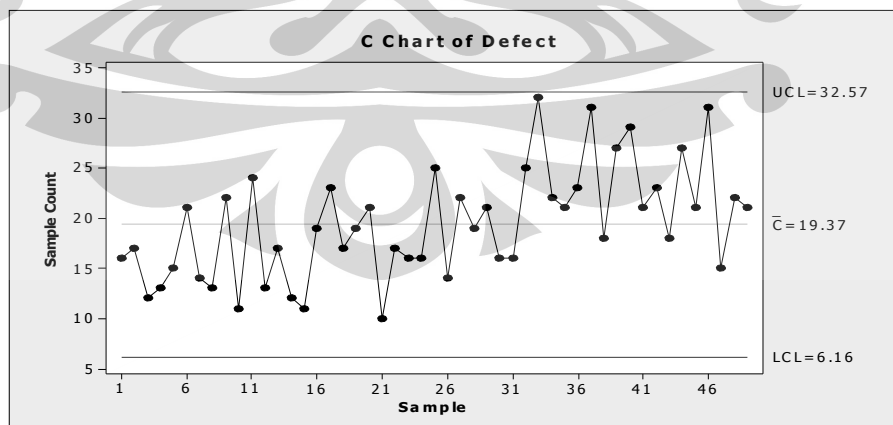
¹³ *Ibid.*

Berikut ini adalah diagram kendali C untuk proses produksi AMP di PT Bukaka



Gambar 4.4. Control Chart

Dari gambar di atas terlihat bahwa ada salah satu titik yang berada di luar garis batas atas. Setelah dilakukan penyelidikan terhadap data awal, ternyata hal tersebut disebabkan oleh kesalahan pemasok dalam mengirimkan jenis material yang akan digunakan. Data tersebut dapat dihilangkan karena berdasarkan hasil uji kecukupan data sebelumnya walaupun jumlah data observasi dikurangi satu periode, jumlah data yang tersisa masih melebihi jumlah data minimal. Sehingga diagram kendalinya berubah menjadi sebagai berikut.

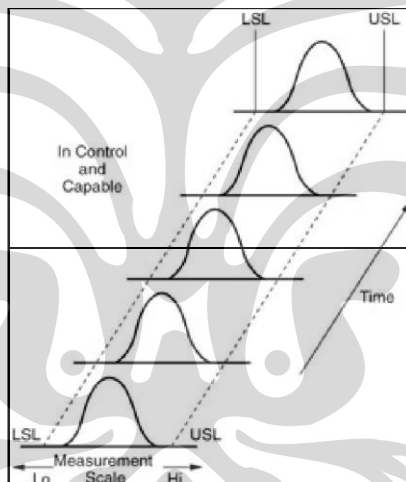


Gambar 4.5. Control Chart

Dari gambar di atas, terlihat bahwa semua titik berada dalam rentang spesifikasi. Fakta ini menunjukkan bahwa proses berada dalam kendali (*in control*).

4.2.2.2 Kapabilitas Proses

Selain harus terkendali secara statistik, untuk bisa ditingkatkan sebuah proses juga harus memiliki kapabilitas. Proses yang berada dalam pengendalian statistik hanya perlu mengulang kegiatan sebelumnya sehingga variasi yang terjadi tidak begitu besar. Namun untuk memiliki kapabilitas sebuah proses tidak hanya mengulang kegiatan sebelumnya tetapi juga harus benar-benar mampu menghasilkan produk yang dapat diterima. Tingkat *common variation* harus serendah mungkin sehingga setiap bagian yang dihasilkan proses sesuai dengan keinginan pelanggan¹⁴.



Gambar 4.6. *In-Control and Capable Process*

(Sumber: Stamatis, D.H. *Six Sigma and Beyond-Statistical Process Control*)

Rumus untuk menghitung kemampuan proses adalah:

$$\text{Kemampuan proses} = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Dengan, σ = Standar deviasi proses

Jika rata-rata proses sama dengan pertengahan batas spesifikasi, dan proses terdistribusi secara normal, maka 99,73% *output* proses tersebut akan

¹⁴ *Ibid.*

berada dalam rentang $\pm 3\sigma$.

Rumus diatas hanya menunjukkan kemampuan proses, tetapi tidak menunjukkan apakah proses tersebut mampu memenuhi batas spesifikasi yang diharapkan. Hubungan antara kemampuan proses (6σ) dengan batas spesifikasi dapat dinyatakan dengan rasio kemampuan (*Capability Ratio*, C_p). C_p dapat dihitung dengan rumus:

$$C_p = \text{Rasio Kemampuan} = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sigma}$$

Keterangan:

BSA = Batas spesifikasi atas (*Upper Spesification Limit*, USL)

BSB = Batas spesifikasi bawah (*Lower Spesification Limit*, LSL)

Kelemahan utama C_p adalah pada kenyataannya sangat sedikit proses yang tetap terpusat pada rata-rata proses. Untuk memperoleh pengukuran akan kinerja proses yang lebih baik, maka harus dipertimbangkan dimana rata-rata proses berlokasi relatif terhadap batas spesifikasi. C_{pk} mencari jarak terdekat lokasi pusat proses dengan USL dan LSL kemudian dibagi dengan rentang proses.

Formula C_{pk} adalah :

$$C_{pk} = \left(\frac{\text{USL} - \mu}{3\sigma} \right) \text{ atau } \left(\frac{\mu - \text{LSL}}{3\sigma} \right)$$

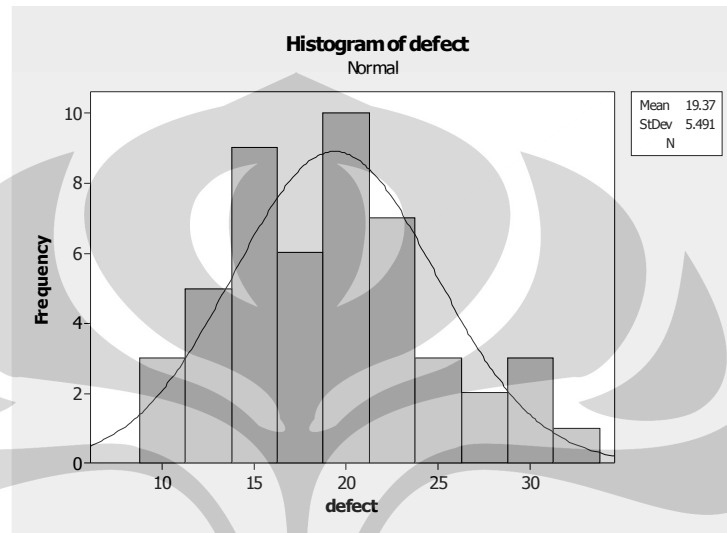
Capability index lain yang sering digunakan adalah C_{pm} atau dikenal juga dengan nama Taguchi *Capability Index*. C_{pm} dikembangkan akhir tahun 1980-an dan digunakan untuk menghitung kedekatan rata-rata proses dengan target (T). formula C_{pm} adalah sebagai berikut:

$$C_{pm} = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sigma + (\mu - T)}$$

Bila rata-rata proses berada di tengah-tengah batas spesifikasi dan juga tepat pada target maka $C_p = C_{pk} = C_{pm}$.

Dengan menggunakan *software* minitab 14, kapabilitas suatu proses dapat dihitung. Untuk mendapatkan angka kapabilitas proses ada dua tahapan yang harus dilakukan, yaitu tahap persiapan dengan menampilkan histogram dan tahap perhitungan kapabilitas proses. Langkah-langkah untuk menampilkan histogram adalah sebagai berikut:

1. Masukkan data jumlah *defect* ke dalam lembar *worksheet* minitab
2. Klik Graph => Histogram dan akan muncul kotak dialog
3. Pilih with fit => OK
4. Masukkan variabel jumlah *defect* pada kotak Graph Variables => OK sehingga keluar gambar seperti di bawah ini

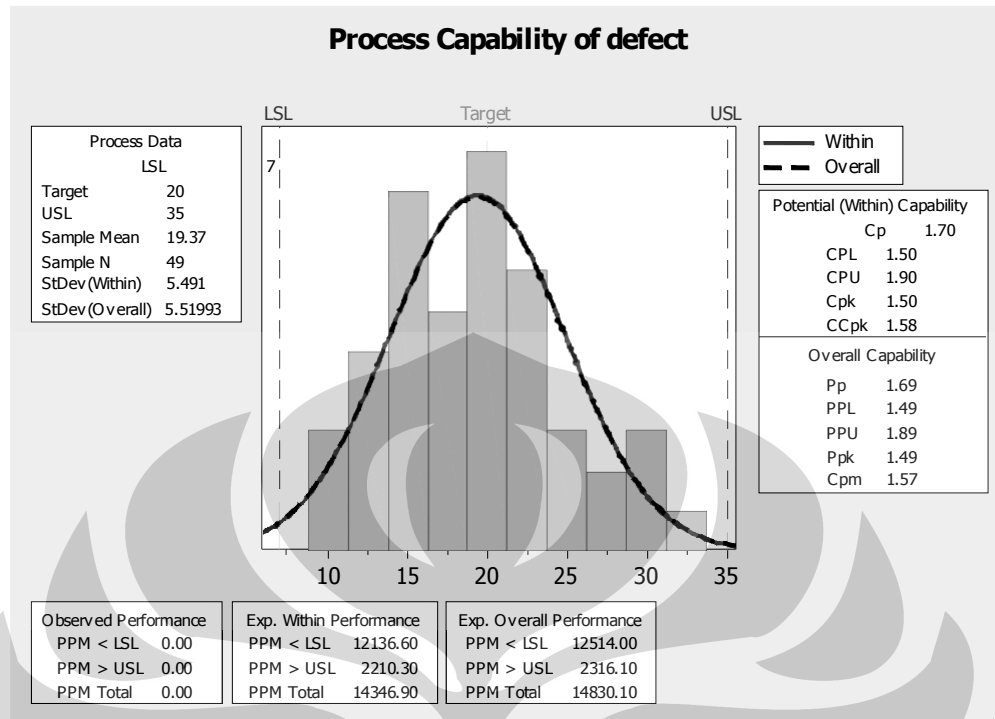


Gambar 4.7. Histogram Jumlah *Defect* Produksi AMP

Langkah-langkah untuk menghitung kapabilitas proses adalah sebagai berikut:

1. Pilih Stat > Quality Tools > Capability Analysis > Normal
2. Isi bagian *single coloumn* dengan kolom jumlah *defect* dan isi *subgroup size* dengan jumlah data
3. Masukkan nilai *upper spec*, *lower spec*, *historical mean*, *historical standard deviation* dengan angka yang ada pada histogram
4. Tekan OK

Hasil yang ditampilkan oleh *software* minitab 14 adalah gambar di bawah ini:



Gambar 4.8. Kapabilitas Proses Produksi AMP

Berdasarkan hasil perhitungan minitab di atas terlihat bahwa nilai C_p , C_{pm} dan C_{pk} lebih besar dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa proses yang diamati memiliki kapabilitas, dan syarat untuk bisa melakukan suatu *process improvement* adalah proses tersebut memiliki kapabilitas. Jika dilihat dari bentuk histogram, semua proses jatuh di dalam rentang spesifikasi. Hal ini juga membuktikan bahwa proses memiliki kapabilitas yang cukup tinggi.

Perhitungan Nilai Sigma

Pada proses produksi AMP di PT Bukaka, jumlah *defect* yang ditemukan adalah sebanyak 994 komponen dari total 1500 komponen yang diperiksa. Perhitungan nilai sigma untuk proses produksi AMP ini menggunakan perhitungan *six sigma* Motorola dengan nilai pergeseran sebesar 1,5 sigma. Tabel berikut ini adalah level sigma untuk proses produksi AMP.

Tabel 4.2. Perhitungan Nilai Sigma

Variabel	Rumus	Unit
Ukuran Sampel (U)		15000
Defect (D)		994
Opportunity (Opp)		1
Total Opportunity (Topp)	$U \times Opp$	15000
Defect per Unit (DPU)	D/U	0.0662667
Defect per Total Opportunity (DPO)	$D/Topp$	0.0662667
Defect per Million Opportunity (DPMO)	$DPO \times 1000000$	66266.667
Level Sigma		3

Level sigma juga bisa dihitung dengan bantuan software SPCwizard dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.9. Perhitungan Level Sigma

Proses produksi AMP di PT Bukaka memiliki level sigma 3 atau sama dengan rata-rata industri. Jika dihubungkan dengan *cost of quality*, maka jumlah biaya yang dikeluarkan berkisar sekitar 25% dari total *sales*. Konversi level sigma terhadap *cost of quality* dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.3. Cost of Quality

The Cost of Quality		
Sigma Level	Defects Per Million Opportunities	Cost of Quality
2	308,537 (Noncompetitive companies)	Not applicable
3	66,807	25 - 40% of sales
4	6,210 (Industry average)	15 -25% of sales
5	233	5 -15% of sales
6	3.4 (World class)	<1 of sales

Each sigma shift provides a 10 percent net income improvement.

(sumber:)

Perhitungan Nilai *Yield*

Nilai *yield* merupakan persentase banyaknya produk yang tidak mengalami cacat yang dapat dihasilkan oleh suatu proses. Berikut ini adalah perhitungan nilai *yield* proses produksi AMP

Tabel 4.4. Perhitungan Persentase *Yield*

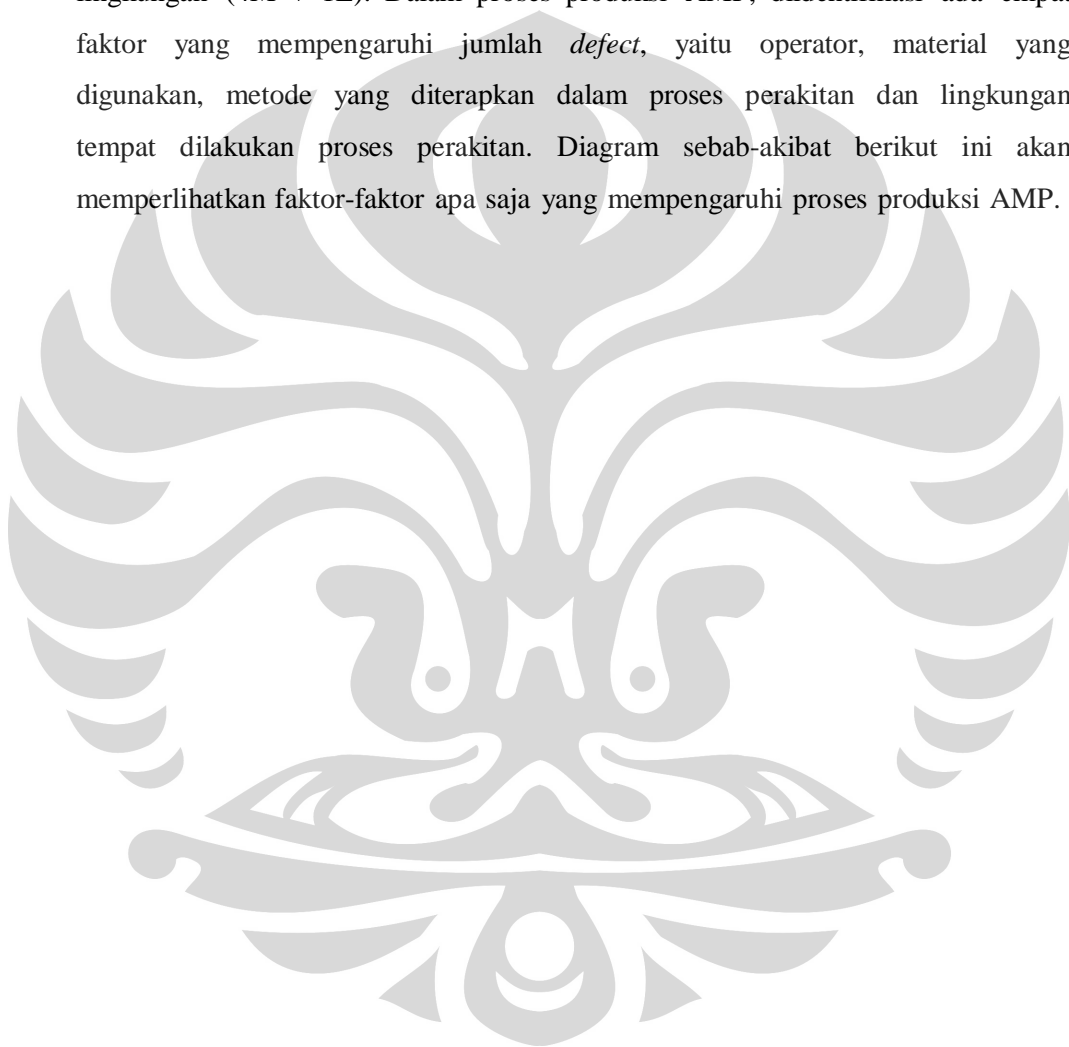
Proses	DPO	Yield	% Yield
Produksi AMP	0.0662667	$Y = e^{-DPO}$ $Y = e^{-0.0662667}$ $Y = 0.93588123$	93.59%

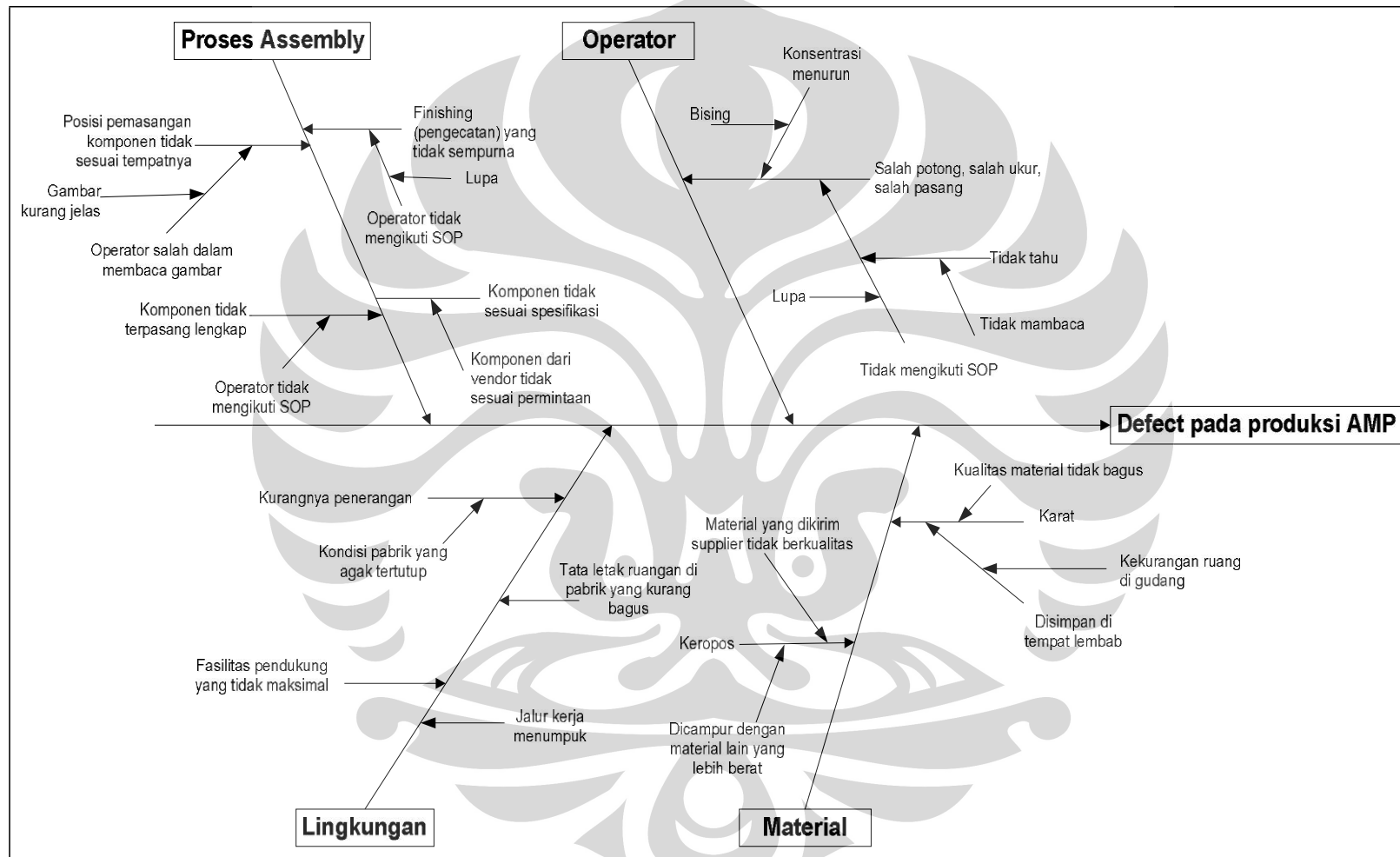
Perhitungan di atas menghasilkan nilai *yield* sebesar 93,59%. Angka ini berarti bahwa dari 100% jumlah produk yang dihasilkan, sekitar 93.59% produk bebas dari cacat dan sisanya sekitar 6.41% merupakan produk cacat yang diusahakan tidak sampai ke tangan pelanggan. Dengan jumlah produk NG (*not good*) yang cukup besar, maka PT Bukaka harus mengalokasikan tambahan material dan komponen sebanyak 6,41% pula untuk mengantisipasi kerusakan tersebut. Dengan harga material dan komponen yang cukup tinggi, maka jumlah tersebut harus terus dikurangi untuk menekan *cost of quality*.

4.3 Tahap *Analyze*

4.3.1 Mengidentifikasi penyebab-penyebab potensial

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *defect* dalam proses produksi dapat dikategorikan menjadi lima yaitu kesalahan yang disebabkan karena faktor manusia, material dan komponen, mesin, metode yang digunakan maupun karena lingkungan (4M + 1E). Dalam proses produksi AMP, diidentifikasi ada empat faktor yang mempengaruhi jumlah *defect*, yaitu operator, material yang digunakan, metode yang diterapkan dalam proses perakitan dan lingkungan tempat dilakukan proses perakitan. Diagram sebab-akibat berikut ini akan memperlihatkan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi proses produksi AMP.



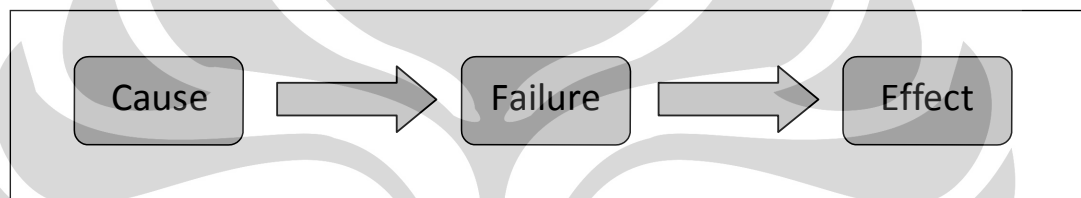


Gambar 4.10. Cause and Effect Diagram

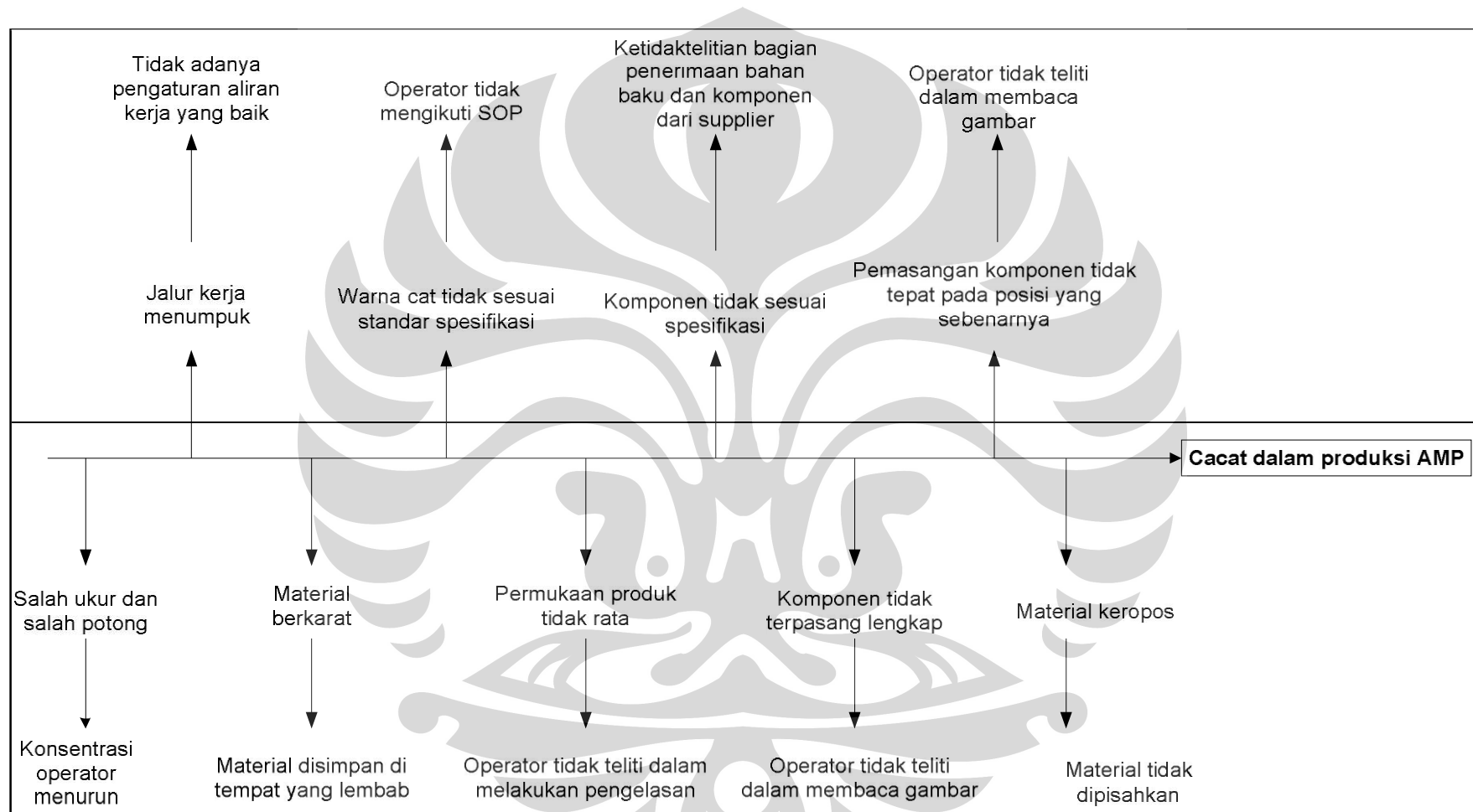
4.3.2 Mengidentifikasi *Failure Mode*

Antara sebab dan akibat yang dihasilkannya harus terdapat hubungan dan dapat dibuktikan sehingga tindakan perbaikan yang tepat dapat dilakukan. Pengujian hubungan sebab akibat ini dapat dilakukan dengan metode kualitatif yaitu dengan menggunakan diagram *Cause Failure Mode Effect* (CFME). Hasil keluaran diagram ini akan memperlihatkan penyambung antara *cause* dengan *effect*, yaitu *failure modes*.

Failure modes merupakan peristiwa atau kejadian yang bermula dari *cause* dan mengakibatkan suatu *effect*. Apabila *cause* dan *effect* memiliki hubungan, maka akan mudah untuk mengidentifikasi *failure mode*-nya.



Gambar 4.11. Hubungan *Cause*, *Effect* dan *Failure Modes*



Gambar 4.12. Diagram *Cause Failure Mode Effect* (CFME)

4.3.3 Menghitung *Risk Priority Number* (RPN)

Perhitungan RPN merupakan proses terakhir dalam metode FMEA. Tabel FMEA digunakan untuk mengklasifikasikan *failure modes* yang didapat pada diagram CFME sebelumnya. Pengklasifikasian disusun berdasarkan nilai RPN yaitu bobot perkalian antara dampak keparahan (*severity*), jumlah kejadian (*occurrence*) dan tingkat deteksi (*detection*). Tidak terdapat aturan yang mutlak yang menyebutkan bahwa *failure mode* dengan nilai RPN tertinggi menjadi pilihan untuk dilakukan perbaikan. Hal ini disebabkan karena pembobotan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* tidak sama dalam skala dan tujuannya.

Pembobotan rating dalam analisa FMEA menggunakan rumus dari *Ford Automotive Standards*. Rumus standar Ford ini menggunakan skala perhitungan dari range 1 (1 x 1 x 1) sampai dengan 1000 (10 x 10 x 10). Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing bobot.

Tabel 4.5. *Rating Severity*

Rating	Definisi
10	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk tidak dapat berfungsi atau dioperasikan
9	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk bisa dioperasikan tetapi komponen/material yang mengalami kegagalan > 30%
8	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk bisa dioperasikan tetapi komponen/material yang mengalami kegagalan antara 20% - 30%
7	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk bisa dioperasikan tetapi komponen/material yang mengalami kegagalan antara 10% - 20%
6	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk bisa dioperasikan tetapi komponen/material yang mengalami kegagalan antara 5% - 10%
5	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk bisa dioperasikan tetapi komponen/material yang mengalami kegagalan antara 2,5% - 5%
4	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk bisa dioperasikan tetapi komponen/material yang mengalami kegagalan antara 1% - 2,5 %
3	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk bisa dioperasikan tetapi komponen/material yang mengalami kegagalan antara 0,01% - 1%
2	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> menyebabkan produk bisa dioperasikan tetapi komponen/material yang mengalami kegagalan < 0,01%
1	<i>Effect</i> dari <i>failure</i> tidak menyebabkan gangguan dan tidak memiliki akibat pada produk

Tabel 4.6. *Rating Occurrence*

Rating	Definisi
10	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> > 100 dalam 1000 items
9	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> 50 dalam 1000 items
8	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> 25 dalam 1000 items
7	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> 10 dalam 1000 items
6	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> 5 dalam 1000 items
5	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> 2 dalam 1000 items
4	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> 1 dalam 1000 items
3	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> 0,5 dalam 1000 items
2	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> 0,1 dalam 1000 items
1	Frekuensi kemunculan <i>cause</i> dari <i>failure</i> <0,01 dalam 1000 items

(Sumber: www.thequalityportal.com)

Definisi setiap rating untuk tingkat deteksi dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.7. *Rating Detection*

Rating	Definisi
10	Tidak dilakukan inspeksi produk atau defect disebabkan oleh failure yang tidak terdeteksi
9	Inspeksi produk dilakukan secara sampel berdasarkan perencanaan sampling Acceptable Quality Level (AQL)
8	Inspeksi produk berdasarkan tidak ada defectives dalam sebuah sampel
7	Inspeksi produk 100% manual
6	Inspeksi produk 100 % manual menggunakan alat mistake proofing gauge
5	Inspeksi produk sudah menggunakan SPC pada beberapa proses atau produk
4	Penggunaan SPC secara penuh dan terdapat mekanisme reaksi terhadap kondisi di luar kendali (out of control)
3	Penggunaan SPC secara efektif di tempat dengan nilai Cpk di atas 1.33
2	Inspeksi produk 100% otomatis
1	Inspeksi produk 100% otomatis dengan pemeliharaan preventif dan kalibrasi rutin setiap alat ukurnya

Setelah melakukan wawancara dan *brainstorming* dengan operator, maka didapat hasil tabel FMEA sebagai berikut.

Tabel 4.8. Tabel FMEA

Karakteristik Produk yang Diharapkan	Failure Mode	Cause	Effect	Frequency of Occurrence (1-10)	Frequency of Severity (1-10)	Frequency of Detection (1-10)	Risk Priority Number (RPN)	Rank
	Pemasangan komponen tidak sesuai posisi yang sebenarnya	Operator tidak teliti dalam membaca gambar	Mengurangi kinerja dan fungsi produk	8	7	8	448	2
	Komponen dari supplier tidak sesuai spesifikasi	Ketidakteelitian bagian penerimaan bahan baku dan komponen dari supplier	Produk tidak berfungsi dengan baik	6	4	6	144	6
Produk AMP dengan jumlah defect mendekati nol (<i>zero defect</i>)	Material berkarat	Material disimpan di tempat yang lembab	Material tidak kuat mengalami proses <i>assembly</i>	5	5	6	150	5
	Bagian sambungan las tidak rata	Operator tidak teliti dalam melakukan pengelasan	Permukaan produk tidak rata dengan sempurna	7	5	8	280	4
	Komponen tidak terpasang dengan lengkap	Operator tidak teliti dalam membaca gambar	Produk tidak berfungsi dengan baik	7	6	8	336	3

Tabel 4.8. Tabel FMEA (Lanjutan)

Karakteristik Produk yang Diharapkan	Failure Mode	Cause	Effect	Frequency of Occurrence (1-10)	Frequency of Severity (1-10)	Frequency of Detection (1-10)	Risk Priority Number (RPN)	Rank
Produk AMP dengan jumlah defect mendekati nol (zero defect)	Warna cat tidak sesuai standar spesifikasi	Operator tidak melakukan <i>finishing</i> dengan sempurna	Produk tidak sesuai dengan <i>customer need</i>	5	1	1	5	8
	Jalur kerja menumpuk	Tidak ada pembagian ruangan yang jelas untuk setiap proses	Proses <i>assembly</i> menjadi terhambat	2	3	1	6	7
	Material keropos	Material yang datang dari supplier tidak berkualitas	Material tidak kuat mengalami proses <i>assembly</i>	5	5	6	150	5
	Operator salah mengukur dan memotong material/komponen	Konsentrasi operator menurun	Mengurangi kinerja dan fungsi produk	9	8	7	504	1

Tabel FMEA di atas menunjukkan bahwa *failure mode* kesalahan operator dalam mengukur dan memotong komponen memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 504 dengan perincian *occurrence* 9, *severity* 8 dan *detection* 7. Sementara *failure mode* warna cat tidak sesuai standar spesifikasi memiliki nilai RPN terendah yaitu 5 karena tingkat keseriusannya yang tidak menyebabkan terjadinya gangguan terhadap fungsi produk serta *failure mode*-nya bisa langsung dideteksi hanya dengan melihat produk tersebut. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa *failure mode* yang disebabkan oleh operator memiliki nilai RPN yang tinggi dibandingkan dengan kesalahan supplier dalam menyediakan material atau komponen.

4.4 Tahap *Improve*

Tahap *improve* dalam DMAIC merupakan fase untuk menghasilkan ide, usulan dan implementasi tindakan perbaikan terhadap penyebab *defect* yang potensial. Usulan tindakan perbaikan didasarkan pada analisa diagram sebab akibat serat hasil yang ditunjukkan oleh tabel FMEA. Pada tabel FMEA terlihat bahwa *failure mode* yang paling potensial adalah ketidaktelitian operator baik dalam membaca gambar desain produk, mengukur panjang komponen maupun dalam melakukan proses finishing. Untuk itu perlu adanya suatu pelatihan yang ditujukan untuk meningkatkan profesionalitas operator disamping menyediakan fasilitas dan perlengkapan kerja yang memadai. Walaupun RPN tertinggi adalah kesalahan operator, namun tindakan perbaikan tetap harus dilakukan terhadap semua *failure mode* yang ada. Secara umum usulan tindakan perbaikan untuk mengurangi jumlah cacat pada proses produksi AMP di PT Bukaka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.9. Usulan Perbaikan Untuk Masing-Masing *Failure Mode*

Failure Mode	Penyebab Terjadi	Usulan Perbaikan	Tanggung Jawab
Kesalahan yang disebabkan oleh operator : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Kesalahan dalam pemasangan komponen <input type="checkbox"/> Kesalahan dalam pengukuran dan pemotongan <input type="checkbox"/> Kesalahan dalam proses pengelasan <input type="checkbox"/> Ketidaksempurnaan proses finishing 	Operator salah dalam membaca gambar desain produk	Memberikan pelatihan kepada operator mengenai pembacaan gambar yang tepat	Bagian Produksi
	Lingkungan kerja yang tidak kondusif menyebabkan konsentrasi operator menurun	Mengatur ruangan sesuai aliran kerja serta menyediakan perlengkapan kerja untuk operator	Bagian R & D
	Operator tidak mengikuti SOP	Memastikan operator harus memahami SOP sebelum berkerja	Bagian Produksi
	Sosialisasi SOP yang masih kurang terhadap operator	Menyiapkan SOP untuk masing-masing operator sekaligus menjelaskan SOP tersebut	Bagian Produksi
	Material berkarat	Penyimpanan material di tempat lembab	Membuat gudang baru yang mampu menampung semua bahan baku
Material keropos	Material dari supplier tidak berkualitas	Memilih supplier terbaik dan melakukan pengecekan yang teliti terhadap material yang datang	Quality Control
Jalur kerja menumpuk	Tidak ada pembagian ruangan yang jelas	Membuat tata letak pabrik sesuai dengan proses yang ada	Bagian R & D

5. KESIMPULAN

Penelitian tentang *Quality Improvement* yang dilakukan pada divisi *Road Construction Equipment* (RCE) PT Bukaka Teknik Utama memiliki tujuan sebagai berikut:

- Menetapkan permasalahan kualitas dalam proses produksi *Asphalt Mixing Plant* (AMP)
- Mengukur kapabilitas proses produksi AMP
- Mengidentifikasi penyebab *defect* yang paling potensial dan memberikan saran untuk mengurangi penyebab tersebut

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa dalam penerapan metode *six sigma* untuk perbaikan kualitas proses produksi AMP, serta berdasarkan tujuan penelitian di atas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tahap *define* diidentifikasi bahwa *defect* dalam proses produksi AMP disebabkan oleh tiga hal yaitu material, komponen dan kesalahan operator. Setelah dilakukan rekapitulasi data dan prioritas, maka kesalahan operator dalam proses *assembly* merupakan penyebab *defect* yang paling dominan dengan persentase 41%
2. Hasil pengolahan data pada tahap *measure* menghasilkan level sigma untuk proses produksi AMP adalah 3 dengan persentase *yield* 93, 59%. Nilai *yield* ini menunjukkan bahwa 93,59% dari total produksi merupakan produk yang bebas dari *defect*.
3. Penyebab *defect* yang potensial diidentifikasi dengan menggunakan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan diperingkatkan berdasarkan nilai RPN. Hasil RPN menunjukkan bahwa *failure mode* dengan nilai tertinggi adalah kesalahan operator dalam mengukur dan memotong material/komponen. Sementara RPN terendah adalah ketidaksempurnaan proses finishing (pengecatan) karena dampaknya tidak terlalu besar terhadap fungsi produk.
4. Usulan perbaikan untuk *failure mode* yang telah diidentifikasi adalah sebagai berikut:
 - Memberikan pelatihan pembacaan gambar kepada operator

- Menjelaskan Standar Operasi Prosedur (SOP) kepada semua operator sebelum memulai proses *assembly*
- Membuat tata letak pabrik sesuai dengan proses yang ada dan mengatur aliran kerja sehingga tercipta suasana kondusif bagi semua pekerja



DAFTAR PUSTAKA

- Bothe, Keki R. *The Power of Ultimate Six Sigma*. New York: Amacom, 2003.
- Feigenbaum, A. V. *Total quality Control, Third Edition*. Singapura: McGraw-Hill, Inc., 1988.
- Gasperz, Vincent. *Team-Oriented Problem Solving*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2007.
- Gitlow, Howard S. *Quality Management*. New York: McGraw-Hill, 2005.
- Pande, Peter S. Dan Holp, Larry. *What is Six Sigma*. New York: McGraw-Hill, 2002.
- Pande, Peter S., Neuman, Robert P., Cavanaugh, Ronald R. *The Six Sigma Way Team Fieldbook*. New York: McGraw-Hill Inc., 2002.
- Stamatis, Dean H. *Six Sigma and Beyond: Statistical Process Control, Volume IV*. Washington D. C: St. Lucie Press, 2003.
- Stamatis, Dean H. *Six Sigma and Beyond: Design for Six Sigma, Volume VI*. Washington D. C: St. Lucie Press, 2003.
- Stamatis, Dean H. *Six Sigma Fundamental: A Complete guide to the System, Methods and Tools*. New York: Productivity Press, 2004.
- Thomsett, Michael C. *Getting Started in Six Sigma*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- Tri C. Hendradi. *Statistik Six Sigma dengan Minitab Panduan Cerdas dan Inisiatif Kualitas*. Yogyakarta: Andi, 2006.
- Zinkgraf, Stephen A. *Six Sigma: The First 90 Days*. Prentice Hall, 2006.
- www.SPCwizard.com
- www.thequalityportal.com
- www.wikipedia.com