

**USULAN PERBAIKAN UNTUK MENGURANGI PRODUK CACAT PADA
PIPA BAJA STANDAR ASTM A53 DENGAN METODE DMAIC DI PT
BAKRIE PIPE INDUSTRIES**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Penyelesaian Program Diploma IV
Program Studi Teknik dan Manajemen Industri**

OLEH:

NAMA : SARAH OCTAVIA

NIM : 1112060



**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA**

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL LAPORAN TUGAS AKHIR :

“USULAN PERBAIKAN UNTUK MENGURANGI PRODUK CACAT PADA PIPA BAJA STANDAR
ASTM A53 DENGAN METODE DMAIC DI PT BAKRIE PIPE INDUSTRIES”

DISUSUN OLEH :

NAMA : SARAH OCTAVIA

NIM : 1112060

PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI

Laporan Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk memenuhi salah satu persyaratan akademis dalam Program Studi Teknik dan Manajemen Industri di Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI.

Jakarta, November 2016

Dosen Pembimbing

Siti Aisyah, ST., MT

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR :USULAN PERBAIKAN UNTUK MENGURANGI PRODUK CACAT PADA
PIPA BAJA STANDAR ASTM A53 DENGAN METODE
DMAIC DI PT BAKRIE PIPE INDUSTRIES

DISUSUN OLEH :

NAMA : SARAH OCTAVIA
NIM : 1112060
PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI

Telah Diuji oleh Tim Penguji Sidang Ujian Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta pada
Hari Rabu Tanggal 26 Oktober 2016.

Jakarta, November 2016

Dosen Penguji 1

Dosen Penguji 2

Dewi Auditiya Marizka, ST., MT

NIP: 197602082006042001

Wilda Sukmawati, ST., MT

NIP: 197503182001122003

Dosen Penguji 3

Dosen Penguji 4

Muhamad Agus, ST., MT

NIP: 197008292002121001

Siti Aisyah, ST., MT

NIP: 197712172002122003

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sarah Octavia

NIM : 1112060

Berstatus sebagai mahasiswa jurusan Program Studi Teknik dan Manajemen Industri di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul **“USULAN PERBAIKAN UNTUK MENGURANGI PRODUK CACAT PADA PIPA BAJA STANDAR ASTM A53 DENGAN METODE DMAIC DI PT BAKRIE PIPE INDUSTRIES”**

- **Dibuat** dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur kuliah, survei lapangan, asistensi dengan Dosen Pembimbing, serta buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar Sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan diatas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, Agustus 2016

Yang Membuat Pernyataan

Sarah Octavia

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir (TA) ini dengan judul **"USULAN PERBAIKAN UNTUK MENGURANGI PRODUK CACAT PADA PIPA BAJA STANDAR ASTM A53 DENGAN METODE DMAIC DI PT BAKRIE PIPE INDUSTRIES"**.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan pemenuhan salah satu persyaratan akademis untuk menyelesaikan Program Studi D-IV di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, Jurusan Teknik dan Manajemen Industri.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini. Pertama, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Allah SWT, yang selalu memberikan nikmat-Nya dalam kehidupan penulis, serta memudahkan jalan penulis dalam melakukan penelitian dan penulisan laporan Tugas Akhir ini. Kedua, kepada keluarga penulis, Ayah dan Ibu yang tak henti-hentinya berdoa dan memotivasi untuk kemudahan dan kelancaran dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini serta untuk Ade Zahrah dan Hanif Ibrahim yang telah mendukung penulis. Selain itu, tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada:

- Bapak Dr. Mustofa ST., MT., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
- Bapak Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, MT., selaku Pembantu Direktur I Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
- Bapak Muhamad Agus, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Otomotif.
- Ibu Siti Aisyah, ST., MT., selaku pembimbing penulis dalam membuat laporan Tugas Akhir.
- Ibu Dr. Hernadewita ST., MSi., selaku dosen pembimbing akademik.
- Bapak Nono Sutrisno selaku Wakil Kepala Manajer *Quality Control* yang telah menjadi pembimbing penulis di PT Bakrie Pipe Industries.

- Bapak Azam, Bapak Fauzi, Bapak Taufik, dan seluruh karyawan di PT Bakrie Pipe Industries yang telah banyak membantu penulis dalam proses pengumpulan data pada saat penelitian.
- Sahabat-sahabat terbaik yang penulis miliki, Febriani Dwi Kurnia Putri, Dini Amalia, Fransisca Widitya Susanti, dan Shintya Rizki Tiara.
- Sahabat dan teman seperjuangan selama kuliah di STMI, yaitu Intan, Armina, Putri, Indri, Lita, Hanny, Resti, Ferissa, Irin, Nur Latifah, dan Risa, serta kawan-kawan TMI 2012 untuk seluruh kebersamaan, kekompakan dan kerjasama selama hampir empat tahun ini.
- Teman dekat penulis, Tri Andriano Ibrahim S.ST yang telah memberikan bantuan dan dukungannya dalam penyusunan laporan ini.
- Para DPP, pengurus dan alumni LPM Industria, atas *sharing* ilmu dan informasinya.
- Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, semoga laporan ini kiranya dapat memberikan manfaat bagi para pembaca di kemudian hari. Amin.

Jakarta, Agustus 2016

Penulis

ABSTRAK

PT Bakrie Pipe Industries (PT BPI) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur pembuatan pipa baja. Dalam memproduksi pipa baja, seringkali PT BPI mengalami masalah sehingga mengakibatkan terjadinya produk cacat dari pipa yang diproduksi. Pipa baja yang mengalami cacat cukup besar adalah pipa baja jenis ASTM A53. Presentase cacat pipa baja ASTM A53 mencapai 8,32% untuk jenis cacat *outer HL* dan *open weld*. Untuk mengurangi cacat tersebut digunakan metode perbaikan kualitas, yaitu Six Sigma dengan metode DMAIC dan diperoleh nilai DPMO sebesar 41.620 dengan nilai *sigma* sebesar 3,232. Setelah diperoleh nilai *sigma*, tahap selanjutnya adalah menganalisis penyebab-penyebab terjadinya cacat dengan menggunakan diagram *fishbone* dan FMEA. Berdasarkan analisis FMEA, penyebab cacat *outer HL* yang paling berpengaruh adalah karena pemakaian *bearing* yang terlalu lama. Nilai RPN yang diperoleh sebesar 288, paling tinggi jika dibandingkan dengan pengaruh lainnya. Dalam cacat *open weld*, nilai RPN paling tinggi diperoleh sebesar 240 dengan penyebab potensialnya yaitu karena terjadinya pengendapan partikel-partikel padat. Dengan demikian, usulan tindakan perbaikan yang harus dilakukan untuk mengurangi cacat *outer HL* dan *open weld* ialah dengan melakukan pengecekan kepada semua mesin atau *tools* secara berkala. Selain itu, perawatan juga harus dilakukan secara rutin, agar semua masalah yang berkaitan dengan perawatan dapat segera diantisipasi sebelum benar-benar terjadi.

Kata kunci: Cacat, Six Sigma, DMAIC, FMEA, RPN

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengertian Kualitas	5
2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Kualitas	6
2.1.2 Tujuan Pengendalian Kualitas	7
2.2 Six Sigma	7
2.2.1 Sejarah Six Sigma	8
2.2.2 Pengendalian Kualitas Six Sigma Motorola	8
2.3 Metode DMAIC	11
2.3.1 Tahap <i>Define</i>	11
2.3.1.1 Pemilihan Proyek Six Sigma	12
2.3.1.1 Diagram Alir Proses	12

2.3.1.3 Diagram SIPOC	12
2.3.2 Tahap <i>Measure</i>	13
2.3.2.1 Penentuan Karakteristik Kualitas (CTQ)	14
2.3.2.2 Pengukuran <i>Baseline</i>	14
2.3.2.3 Diagram Pareto	15
2.3.2.4 Peta Kendali	17
2.3.3 Tahap <i>Analyze</i>	20
2.3.3.1 Diagram Sebab-Akibat (<i>Fishbone</i>)	20
2.3.3.2 <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (FMEA)	21
2.3.4 Tahap <i>Improve</i>	25
2.3.5 Tahap <i>Control</i>	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis dan Sumber Data	27
3.2 Metodologi Penelitian	27
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	
4.1 Pengumpulan Data	32
4.1.1 Profil Perusahaan	32
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan	33
4.1.3 Struktur Organisasi	33
4.1.4 <i>Job Description</i>	34
4.1.5 Ketenagakerjaan	38
4.1.6 Fasilitas Produksi dan <i>Layout Plant</i> KT 24	38
4.1.7 Kebijakan Mutu Perusahaan	40
4.1.8 Data Jumlah <i>Defect</i> Pipa Baja ASTM A53	41
4.1.9 Data Jenis <i>Defect</i> Harian Pipa Baja ASTM A53	42
4.2 Pengolahan Data	43
4.2.1 Tahap <i>Define</i>	43
4.2.2 Tahap <i>Measure</i>	53
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1 Tahap <i>Analyze</i>	63
5.1.1 Pembuatan Diagram <i>Fishbone</i>	63

5.1.2 Pembuatan <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (FMEA)	67
5.2 Tahap <i>Improve</i>	72
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	75
6.2 Saran.	76
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Perbedaan <i>True Six Sigma</i> dengan Motorola <i>Six Sigma</i>	10
Tabel 2.2 Kriteria Penilaian <i>Severity</i>	23
Tabel 2.3 Kriteria Penilaian <i>Occurance</i>	24
Tabel 2.4 Kriteria Penilaian <i>Detection</i>	24
Tabel 4.1 Jam Kerja PT Bakrie Pipe Industries	38
Tabel 4.2 Jumlah <i>Defect</i> Pipa Baja ASTM A53 Periode Maret-Mei 2016	41
Tabel 4.3 Data Jenis <i>Defect</i> Pipa Baja ASTM A53 Periode Maret-Mei 2016	42
Tabel 4.4 Data Jumlah Produksi dan Cacat Periode Maret-Mei 2016.....	43
Tabel 4.5 Rincian <i>Diagram SIPOC Pipa Baja ASTM A53</i>	51
Tabel 4.6 Perhitungan Persentase Jumlah <i>Defect</i> Pipa Baja ASTM A53.....	54
Tabel 4.7 Perhitungan Batas Kendali Peta P dengan Microsoft Excel	56
Tabel 4.8 Revisi Perhitungan Batas Kendali Peta P dengan Microsoft Excel	59
Tabel 5.1 Penyebab, Modus, dan Efek Kegagalan <i>Outer HL & Open Weld</i>	68
Tabel 5.2 Penentuan Skala Rating <i>Severity</i>	69
Tabel 5.3 Penentuan Skala Rating <i>Occurance</i>	69
Tabel 5.4 Penentuan Skala Rating <i>Detection</i>	70
Tabel 5.5 Penentuan Nilai RPN.....	71
Tabel 5.6 Usulan Perbaikan Cacat <i>Outer HL</i> dan <i>Open Weld</i>	73

DAFTAR GAMBAR

Halaman	
Gambar 2.1 Konsep Six Sigma .	10
Gambar 2.2 Siklus DMAIC.....	11
Gambar 2.3 Diagram SIPOC	13
Gambar 2.4 Contoh Diagram Pareto.....	17
Gambar 3.1 Kerangka Pemecahan Masalah	30
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Bakrie Pipe Industries	34
Gambar 4.2 Tata Letak <i>Plant</i> KT 24 PT BPI	40
Gambar 4.3 Pipa Baja Standar ASTM A53 di <i>Plant</i> KT 24 PT BIP	44
Gambar 4.4 <i>Flow Chart</i> Proses Produksi Pipa ASTM A53.....	46
Gambar 4.5 <i>Diagram SIPOC Pipa Baja ASTM A53</i>	50
Gambar 4.6 Diagram Pareto Pemilihan <i>Critical to Quality</i> (CTQ).....	54
Gambar 4.7 Peta P Sebelum Revisi.....	57
Gambar 4.8 Peta P Setelah Revisi.....	60
Gambar 5.1 Diagram Sebab-akibat Cacat <i>Outer HL</i>	64
Gambar 5.2 Diagram Sebab-akibat Cacat <i>Open Weld</i>	66

DAFTAR LAMPIRAN

1. Perhitungan peta kendali P
2. Tabel konversi sigma

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dengan semakin berkembangnya kemajuan teknologi, maka semakin tinggi pula pertumbuhan ekonomi baik secara nasional maupun global. Oleh karena itu, kini semua industri berlomba-lomba dalam meningkatkan produktivitasnya baik dari segi kualitas, harga maupun pelayanan kepada pelanggan. Sebagai salah satu elemen yang penting dalam pertumbuhan ekonomi sebuah industri, sudah seharusnya kualitas sebuah produk harus ditingkatkan. Jika kualitas sebuah produk sudah sesuai standar, maka secara langsung pelanggan pun akan merasa puas. Dengan demikian, keinginan konsumen dalam memenuhi kebutuhannya akan terpenuhi. Untuk mencapai hal tersebut tidaklah mudah, perusahaan harus melakukan pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas dilakukan guna meminimalisir adanya produk cacat.

PT Bakrie Pipe Industries (BPI) merupakan salah satu industri manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan pipa baja. Terdapat dua jenis pipa baja, yaitu pipa baja *oil and gas* dan *non oil and gas*. Pipa baja *oil and gas* digunakan untuk keperluan minyak dan gas bumi, sedangkan pipa *non oil and gas* digunakan untuk keperluan konstruksi umum, aplikasi mekanik, saluran air, tiang pancang, dan lain-lain. Pipa tersebut diproduksi dengan beragam diameter, mulai dari diameter 0,5 inci hingga 24 inci. Sistem produksi yang diterapkan perusahaan adalah *job order*, yaitu produksi hanya berdasarkan pesanan pelanggan.

Dalam memproduksi beragam pipa baja, ternyata ditemukan masalah berupa cacat pada pipa, khususnya pada *plant* KT 24. Dimana *plant* tersebut adalah *plant* yang memproduksi pipa-pipa dengan *size* dan *thickness* paling besar dibandingkan dengan *plant* lainnya. Dengan demikian, jumlah produk cacat yang dihasilkan pun juga cukup tinggi. Hal ini seperti yang terjadi pada pipa ASTM A53 dengan diameter 24 inch yang memiliki persentase cacat paling tinggi di antara pipa lainnya.

Untuk itu, PT Bakrie Pipe Industries melakukan upaya perbaikan kualitas agar dapat meminimalisir terjadinya produk cacat tersebut. Perbaikan kualitas yang dilakukan ialah menggunakan Six Sigma dengan tahapannya yaitu DMAIC. Six Sigma digunakan untuk mengurangi atau mempersempit variasi proses. Sedangkan, tahapan DMAIC ialah berisikan langkah-langkah yang dilakukan dalam peningkatan kualitas menuju *zero defect*.

1.2 Perumusan Masalah

Seperti yang telah dijelaskan pada latar belakang permasalahan di atas, terdapat beberapa hal yang perlu dirumuskan dalam laporan tugas akhir ini, yaitu:

1. Apa saja jenis cacat yang terdapat pada pipa baja ASTM A53?
2. Berapakah nilai DPMO dan tingkat level *sigma* pada pipa baja ASTM A53?
3. Faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya produk cacat pada pipa baja ASTM A53?
4. Bagaimana cara mengurangi jumlah cacat pada produk pipa baja ASTM A53?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah ditentukan, maka dapat disimpulkan beberapa tujuan penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis-jenis cacat pada pipa baja ASTM A53.
2. Mengetahui nilai DPMO dan tingkat level *sigma* pada pipa baja ASTM A53.
3. Mengetahui faktor-faktor penyebab timbulnya cacat pada pipa baja ASTM A53.
4. Menghasilkan usulan perbaikan untuk mengurangi jumlah produk cacat pada pipa baja ASTM A53.

1.4 Pembatasan Masalah

Adapun batasan-batasan yang berkaitan dengan permasalahan ini adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan penelitian dilakukan di PT Bakrie Pipe Industries, Bekasi, Jawa Barat.
2. *Plant* yang akan diteliti hanyalah *plant* KT 24.
3. Data yang dikumpulkan hanyalah data seputar pipa baja ASTM A53.
4. Permasalahan yang dibahas hanya mengenai cacat pada pipa baja ASTM A53.
5. Data produksi dan *defect* dibatasi hanya dari bulan Maret hingga Mei 2016.
6. Tahapan DMAIC hanya dilakukan sampai tahap *improve* saja.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak yang terkait. Adapun manfaat yang diharapkan antara lain:

1. Bagi Perusahaan

Mendapatkan solusi terbaik untuk produk pipa baja ASTM A53 demi meningkatkan kualitas produksi yang mendekati *zero defect*.

2. Bagi Peneliti

Menambah ilmu pengetahuan dan pengalaman tentang proses produksi di lapangan. Selain itu, digunakan sebagai media untuk memperdalam materi mengenai Six Sigma dengan menggunakan metode *Define Measure Analyze Control Improve* (DMAIC).

3. Bagi Pihak Lain

Menambah ilmu pengetahuan, bahan pertimbangan, dan perbandingan bagi penelitian selanjutnya, khususnya bagi pengendalian kualitas.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari enam (6) bab dengan rinciannya sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan laporan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan manfaat tugas akhir/skripsi, serta sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan teori-teori yang berhubungan dengan pokok permasalahan yaitu mengenai kualitas, Six Sigma, metode DMAIC dan *tools* yang berkaitan dengan metode tersebut.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan langkah-langkah sistematis yang ditempuh untuk memecahkan masalah agar penelitian yang dilakukan lebih terarah. Langkah-langkah tersebut terdiri dari studi pendahuluan dan pustaka, identifikasi dan perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisis dan pembahasan, kesimpulan dan saran, serta kerangka pemecahan masalah.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan data umum perusahaan, terdapat juga data yang diperoleh dari hasil wawancara dan pengamatan. Selain itu, pada bab ini juga dilakukan pengolahan data terhadap masalah yang diteliti. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode DMAIC.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan analisis masalah berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data pada bab IV. Tahapan yang dilakukan adalah tahap *analyze* dan *improve*. Hasil analisis yang dilakukan merupakan dasar penentuan usulan perbaikan kepada perusahaan.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil tujuan penelitian yang ada pada bab I yang dilakukan berdasarkan pengolahan data. Selain itu, diberikan pula saran untuk perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Kualitas

Perkembangan dunia usaha saat ini diwarnai dengan berbagai pergeseran dari ekonomi produksi ke ekonomi pasar. Persaingan terjadi bukan hanya dari seberapa tinggi tingkat produktivitas perusahaan dan seberapa rendahnya tingkat harga produk maupun jasa, namun lebih kepada kualitas produk atau jasa tersebut, kenyamanan, kemudahan, serta ketepatan dan kecepatan waktu dalam pencapaiannya. Sementara itu untuk menjaga konsistensi kualitas produk dan jasa yang dihasilkan dan sesuai dengan tuntutan kebutuhan pasar, perlu dilakukan pengendalian kualitas atas aktivitas proses yang dijalani.

Faktor utama yang menentukan kinerja suatu perusahaan adalah kualitas barang dan jasa yang dihasilkan. Ada beberapa definisi pengertian kualitas dikutip oleh Ariani (2004), pengertian kualitas menurut beberapa ahli yang banyak kenal antara lain:

1. Juran (1962) mendefinisikan “kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya.”
2. Crosby (1979) mendefinisikan “kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability*, *delivery*, *reliability*, *maintainability*, dan *cost effectiveness*.”
3. Deming (1982) mendefinisikan “kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan di masa mendatang.”
4. Menurut Feigenbaum (1991), “kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing*, *engineering*, *manufacture*, dan *maintenance* dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan”.
5. Menurut Scherkenbach (1991), “kualitas ditentukan oleh pelanggan; pelanggan menginginkan produk dan jasa yang sesuai dengan kebutuhan dan

harapannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk tersebut.”

6. Menurut Elliot (1993), “kualitas adalah suatu kondisi yang berbeda untuk orang yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai dengan tujuan.”
7. Menurut Goetch dan Davis (1995), “kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan.”

2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Kualitas

Dalam setiap bidang, pada masa sekarang ini industri tergantung pada sejumlah besar kondisi yang membebani produk-produk melalui suatu cara yang tidak pernah dialami pada periode sebelumnya. Kualitas produk secara langsung dipengaruhi oleh (Feigenbaum, 1996).

1. Pasar
Keinginan dan kebutuhan konsumen pada masa sekarang ini untuk memperoleh produk dengan kualitas baik dalam memenuhi kebutuhan tersebut.
2. Uang
Biaya-biaya kualitas yang dikaitkan dengan perbaikan mutu telah mencapai keinginan yang tak terduga, kenyataan ini menekan bahwa biaya kualitas sebagai salah satu “titik lunak” tempat biaya operasi dan kerugian yang dapat diturunkan untuk mendapatkannya.
3. Manajemen
Adanya kordinasi antar divisi memungkinkan tidak terjadinya kesalahan operasi perencanaan produk yang dihasilkan sesuai dengan kualitas dari keinginan konsumen
4. Manusia
Faktor terpenting yang harus dimiliki perusahaan karena merupakan sumberdaya spesialisasi yang khusus.
5. Material

Dikarenakan persyaratan mutu yang lebih ketat, maka spesifikasi bahan menjadi lebih baik.

6. Mesin

Memelihara waktu kerja mesin agar fasilitasnya dapat dimanfaatkan sepenuhnya.

7. Informasi

Teknologi informasi ini telah menyediakan cara untuk mengendalikan mesin dan proses selama pembuatan produk dan mengembalikan produk hingga sampai ke tangan pelanggan.

8. Persyaratan proses produksi

Meningkatnya kerumitan persyaratan yang lebih tinggi bagi produk telah menekan pentingnya keamanan dan kehandalan produk.

9. Motivasi

Para pekerja memerlukan sesuatu yang memperkuat rasa keberhasilan dalam pekerjaan mereka dan secara pribadi mereka memberikan sesuatu atas tercapainya tujuan perusahaan.

2.1.2 Tujuan Pengendalian Kualitas

Adapun tujuan dari pengendalian kualitas adalah (Assauri, 1998):

1. Agar barang hasil produksi dapat mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan.
2. Mengusahakan agar biaya inspeksi dapat menjadi sekecil mungkin.
3. Mengusahakan agar biaya desain dari produk dan proses dengan menggunakan kualitas produksi tertentu dapat menjadi sekecil mungkin.
4. Mengusahakan agar biaya produksi dapat menjadi serendah mungkin.

Tujuan utama pengendalian kualitas adalah untuk mendapatkan jaminan bahwa kualitas produk atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan dengan mengeluarkan biaya yang ekonomis atau serendah mungkin.

2.2 Six Sigma (Gasperz, 2002)

Istilah *six sigma* terdiri dari dua kata yaitu *six* dan *sigma*. *Six* berarti angka 6 (enam). Sedangkan *sigma* merupakan huruf ke-18 dari abjad Yunani dan merupakan simbol dari deviasi (penyimpangan) standar yang dilambangkan dengan σ . Oleh karena itu, *six sigma* sering dituliskan dalam simbol 6σ .

2.2.1 Sejarah Six Sigma

Sekitar tahun 1980 dan awal 1990, Motorola merupakan salah satu perusahaan Amerika Serikat yang bersaing ketat dengan perusahaan Jepang. Pemimpin puncak Motorola, Robert Galvin, menyadari bahwa kualitas produk mereka rendah. Sejak saat itu para pakar di Motorola, mulai memikirkan cara untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih tinggi tetapi dengan biaya yang rendah. Pada tahun 1987, ada pendekatan baru yang muncul dari bagian komunikasi Motorola. Konsep inovatif ini dinamakan *six sigma*, yaitu suatu inisiatif yang pada awalnya berfokus pada perbaikan kualitas melalui pemakaian ukuran-ukuran yang pasti (*exact measurement*) untuk mengantisipasi masalah, bukan untuk bereaksi terhadap masalah. Dengan kata lain, *six sigma* mengharuskan perusahaan menjadi produktif bukan hanya reaktif terhadap masalah kualitas.

Awal kesuksesan Motorola adalah dengan keluarnya produk *Pager* yang dibuat dengan menerapkan *six sigma*. Produk ini memiliki waktu yang sangat singkat, sangat handal dan mempunyai rata-rata umur pakai yang diperkirakan sampai dengan 150 tahun. Selain itu, karena prosesnya sudah didesain untuk memproduksi hampir tanpa cacat, Setelah empat tahun menerapkan *six sigma*, penghematan yang diterima perusahaan mencapai \$2,2 juta. Pada tahun 1992, rata-rata proses yang ada di Motorola sudah mencapai tingkat enam *sigma*.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Six Sigma Motorola

Six Sigma Motorola merupakan suatu metode untuk teknik pengendalian dan peningkatan kualitas secara dramatis, yang diterapkan oleh perusahaan

Motorola sejak tahun 1986, yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas. Sistem tersebut dianggap tidak mampu melakukan peningkatan kualitas secara *dramatic* menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Banyak sistem manajemen kualitas lain hanya menekankan pada upaya peningkatan terus-menerus berdasarkan kesadaran mandiri dari manajemen. Upaya tersebut tanpa memberikan solusi yang ampuh dalam hal terobosan-terobosan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas secara *dramatic* menuju tingkat kegagalan nol. Prinsip-prinsip pengendalian dan peningkatan kualitas *Six Sigma* Motorola mampu menjawab tantangan ini. Perusahaan Motorola selama kurang lebih 10 tahun setelah implementasi konsep *Six Sigma* terbukti telah mampu mencapai tingkat kualitas 3,4 DPMO (*defect per million opportunities*—kegagalan per sejuta kemungkinan) (Pyzdek, 2002).

Setelah Motorola memenangi penghargaan MBNQA (*Malcolm Baldrige National Quality Award*) pada tahun 1988, sejak saat itu program *Six Sigma* yang diterapkan Motorola menjadi sangat terkenal di Amerika Serikat. Banyak perusahaan-perusahaan kelas dunia, seperti: General Electric, Allied Signal, Dupont Chemical, Kodak, Texas Instruments, dan lain-lain, mulai melakukan revolusi dalam sistem manajemen kualitas mereka mengikuti prinsip-prinsip *Six Sigma*. Kelompok perusahaan Astra (*Astra Group*) yang di Indonesia sangat terkenal merupakan perusahaan dengan manajemen terbaik, serta telah memiliki program “*Astra Total Quality Control*”, Texmaco, dan lainnya juga mulai menerapkan metode pengendalian dan peningkatan kualitas *Six Sigma*.

Pada dasarnya pelanggan akan puas apabila mereka menerima nilai sebagaimana yang mereka harapkan. Apabila produk (barang dan/atau jasa) diproses pada tingkat kualitas *Six Sigma*, perusahaan boleh mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) atau mengharapkan bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada pada produk itu. Semakin tinggi target *Sigma* yang dicapai, kinerja sistem industri akan semakin baik. *Six Sigma* juga bisa dianggap sebagai strategi terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan luar biasa (*dramatic*) di tingkat bawah. *Six Sigma*

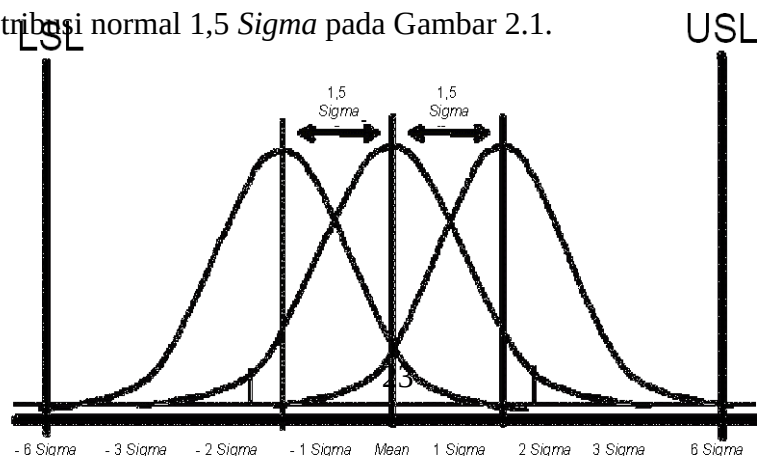
juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri berfokus pada pelanggan, melalui penekanan pada kemampuan proses (*process capability*). Pendekatan pengendalian proses 6-Sigma Motorola (*Motorola's Six Sigma process control*) mengizinkan adanya pergeseran nilai rata-rata (*mean*) setiap CTQ individual dari proses industri terhadap nilai spesifikasi target (T) sebesar 1,5-Sigma. Konsep *Six Sigma* Motorola berbeda dari konsep *Six Sigma* dalam distribusi normal yang umum dipahami selama ini yang tidak mengizinkan pergeseran dalam nilai rata-rata (*mean*) dari proses. Perbedaan ini dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbedaan *True Six Sigma* dengan *Motorola Six Sigma*

<i>True Six Sigma process (Normal Distribution Centered)</i>			<i>Motorola's Six Sigma process (Normal Distribution Shifted 1,5 Sigma)</i>		
Batas spesifikasi (LSL-USL)	Presentation Yang Memenuhi Spesifikasi (LSL-USL)	DPMO (kegagalan/Sejuta Kesempatan)	Batas spesifikasi (LSL-USL)	Presentation Yang Memenuhi Spesifikasi (LSL-USL)	DPMO (kegagalan/Sejuta Kesempatan)
$\pm 1 \text{ Sigma}$	68,27%	317.300	$\pm 1 \text{ Sigma}$	30,8538%	691.462
$\pm 2 \text{ Sigma}$	95,45%	45.500	$\pm 2 \text{ Sigma}$	69,1462%	308.538
$\pm 3 \text{ Sigma}$	99,73%	2.700	$\pm 3 \text{ Sigma}$	93,3193%	66.807
$\pm 4 \text{ Sigma}$	99,9937%	63	$\pm 4 \text{ Sigma}$	93,3790%	6.210
$\pm 5 \text{ Sigma}$	99,999943%	0,57	$\pm 5 \text{ Sigma}$	99,9767%	233
$\pm 6 \text{ Sigma}$	99,9999998%	0,002	$\pm 6 \text{ Sigma}$	99,99966%	3.4

(Sumber: Gaspersz, 2002)

Nilai pergeseran 1,5 *Sigma* ini diperoleh dari hasil penelitian Motorola atas proses dan sistem industri, dimana menurut hasil penelitian bahwa sebaik-baiknya suatu proses industri tidak akan 100% berada pada satu titik nilai target, tetapi akan ada pergeseran sebesar rata-rata 1,5 *Sigma* dari nilai tersebut. Gambar konsep *Six Sigma* dengan pergeseran distribusi normal 1,5 *Sigma* pada Gambar 2.1.

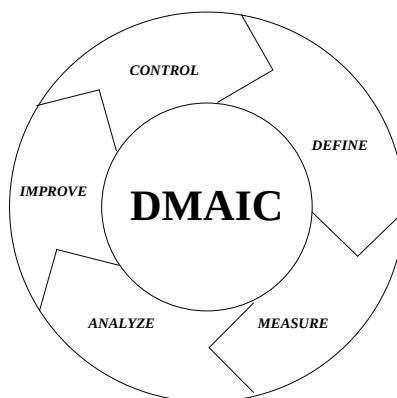


Gambar 2.1. Konsep *Six Sigma*

(Sumber: Gaspersz, 2002)

2.3 Metode DMAIC

Pada model perbaikan *Six Sigma* ini menggunakan dan merujuk pada lima fase yang makin umum dalam organisasi-organisasi *Six Sigma*, yaitu *Define* (menentukan), *Measure* (pengukuran), *Analyze* (analisa), *Improve* (perbaikan), dan *Control* (pengendalian). Tujuan dari proses DMAIC adalah untuk melangkah dari menemukan permasalahan, mengidentifikasi penyebab masalah, hingga akhirnya menemukan solusi atau cara untuk memperbaiki. Seperti model-model perbaikan lainnya, DMAIC didasarkan pada siklus orisinil PDCA, akan tetapi pada metoda DMAIC menerapkan usaha perbaikan (*Improve*) proses maupun pada perancangan ulang proses. Siklus DMAIC dapat digambarkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Siklus DMAIC

(Sumber : Pande 2003)

Tahap *define* merupakan langkah pertama dari metode DMAIC, setelah proyek *six sigma* dipilih, langkah pertama yang dilakukan adalah

mendefinisikan masalah yang akan diperbaiki, menetapkan tujuan, dan menemukan kesempatan untuk melakukan perbaikan.

2.3.1 Tahap *Define*

Define merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Pada tahap ini kita perlu mendefinisikan beberapa hal yang terkait seperti berikut ini (Gasperz, 2002).

2.3.1.1 Pemilihan Proyek *Six Sigma*

Proyek *Six Sigma* dapat berkisar dari masalah kecil yang membahas satu wilayah kerja hingga masalah yang lintas organisasi. Namun, salah satu tantangan *Six Sigma* yang cukup sulit adalah identifikasi masalah yang terpenting untuk diselesaikan. Pemilihan proyek terbaik adalah berdasarkan pada identifikasi proyek sepadan dengan kebutuhan, kapabilitas, dan tujuan organisasi yang sekarang. Oleh karena itu, langkah pertama yang harus dilakukan untuk mengelola proyek adalah mendefinisikan tujuan proyek, serta kapan dan bagaimana proyek ini dapat dicapai.

2.3.1.2 Diagram Alir Proses

Diagram aliran proses adalah suatu peta yang akan menggambarkan semua aktivitas baik produktif maupun tidak produktif yang terlibat dalam proses pelaksanaan kerja. Tujuan pokok dalam pembuatan *flow diagram* adalah untuk mengevaluasi langkah-langkah proses produksi.

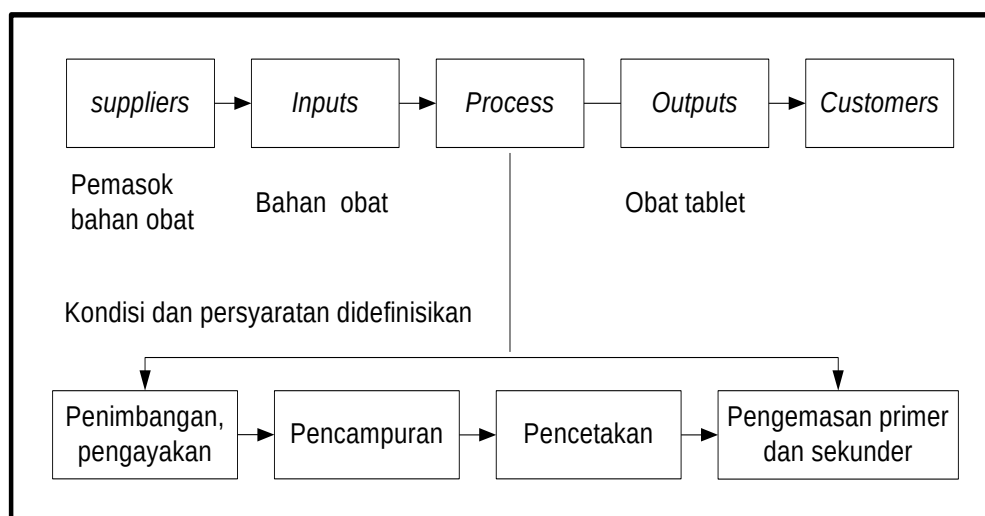
2.3.1.3 Diagram SIPOC

Setiap proyek *Six Sigma* yang dipilih, harus didefinisikan proses–proses kunci, proses beserta interaksinya, serta pelanggan yang terlibat dalam setiap proses itu. Pelanggan disini dapat menjadi pelanggan internal, ataupun eksternal. Sebelum mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan dalam proyek Six Sigma, perlu diketahui model proses “SIPOC (*Suppliers, Input, Proses, Output*, dan

Customers)”. Peta SIPOC memberikan garis besar elemen-elemen penting di dalam suatu proses serta membantu menjelaskan siapa pelaku utama proses tersebut, bagaimana cara mendapatkan input, siapa yang dilayani oleh proses tersebut, serta bagaimana cara proses tersebut meningkatkan nilai. SIPOC merupakan akronim dari lima elemen utama dalam sistem kualitas yaitu (Gaspersz,2002):

- Suppliers*, merupakan orang/kelompok orang yang memberikan informasi kunci, material, atau sumber daya lain kepada proses. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sebelumnya dapat dianggap sebagai pemasok internal (*internal suppliers*).
- Inputs*, merupakan segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok kepada proses.
- Process*, merupakan sekumpulan langkah yang mentransformasi dan secara ideal, menambah nilai kepada *inputs*.
- Outputs*, adalah produk (barang/jasa) dari suatu proses. Dapat berupa barang jadi ataupun setengah jadi.
- Customers*, adalah orang atau kelompok orang, atau sub proses yang menerima *outputs*.

Salah satu contoh dari diagram SIPOC dari proses pembuatan obat adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Diagram SIPOC

(Sumber: Gaspersz, 2002)

2.3.2 Tahap *Measure*

Measure adalah langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Hal-hal pokok yang harus dilakukan adalah menentukan karakteristik kualitas (CTQ) dan mengukur kinerja sekarang (*baseline*).

2.3.2.1 Penentuan Karakteristik Kualitas (CTQ)

Karakteristik kualitas (*Critical To Quality* = CTQ) sebaiknya ditetapkan berdasarkan dengan spesifikasi pelanggan. Pemahaman akan CTQ pelanggan akan membantu kita untuk menyeleksi proyek-proyek *Six Sigma* yang terpenting. Identifikasi CTQ membutuhkan pemahaman akan keinginan pelanggan karena bagaimana pun pelangganlah yang berperan penting terhadap pencitraan kualitas perusahaan. Sebelum melakukan pengukuran terhadap setiap karakteristik kunci (CTQ), maka kita perlu mengevaluasi sistem pengukuran yang ada agar menjamin efektivitas sepanjang waktu. Organisasi kelas dunia yang menerapkan *Six Sigma* biasanya menggunakan karakteristik untuk mengevaluasi sistem pengukuran kinerja mereka.

2.3.2.2 Pengukuran *Baseline*

Dalam menghitung level *sigma*, ada langkah-langkah yang harus dilakukan sebelum menentukan level *sigma* tersebut. Perhitungan level *sigma* pada tingkat *output* dilakukan secara langsung pada produk akhir yang akandiserahkan kepada pelanggan. Berikut ini beberapa istilah sederhana yang perlu ditinjau jika ingin memahami ukuran-ukuran *defect* (Pande dkk, 2003):

a. Unit (U)

Sebuah item yang sedang diproses atau produk atau jasa akhir yang sedang dikirim kepada pelanggan.

b. *Defect*

Kegagalan untuk memenuhi persyaratan pelanggan/kinerja standar, seperti bak mesin yang bocor, dan sebagainya.

$$DPU = \frac{D}{U}$$

c. *Defect opportunity*

Karena sebagian besar produk atau jasa memiliki banyak persyaratan pelanggan, maka ada beberapa peluang untuk memiliki cacat. Jumlah peluang cacat misalnya pada mobil mungkin lebih dari 100.

d. *Total Opportunity (TOP)*

Besarnya *Total Opportunity* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$TOP = U \times OP$$

e. *Defect per Opportunity (DPO)*

Menunjukkan proporsi *defect* atas jumlah total peluang dalam sebuah kelompok jika DPO sebesar 0.05 berarti peluang untuk memiliki *defect* dalam sebuah kategori adalah 5%. Besarnya *Defect per Opportunity* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$DPO = \frac{D}{TOP}$$

f. *Defect Per Million Opportunity (DPMO)*

Kebanyakan ukuran-ukuran peluang defect diterjemahkan ke dalam format DPMO, yang mengindikasikan berapa banyak defect akan muncul jika ada satu juta peluang. Besarnya *Defect Per Million Opportunity* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$DPMO = DPO \times 10^6$$

g. *Sigma level*

Nilai *Sigma* didapat dengan cara mengkonversikan nilai DPMO ke dalam tabel *Sigma* (Gaspersz, 2002).

2.3.2.3 Diagram Pareto.

Diagram pareto diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Alfredo Pareto (1848-1923). Diagram pareto merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan rangking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan maslaah yang paling penting untuk segera diselesaikan sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan. Diagram pareto juga mengidentifikasi masalah yang paling penting yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan memberikan petunjuk dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah (Mitra, 1993 dalam buku Ariani, 2004).

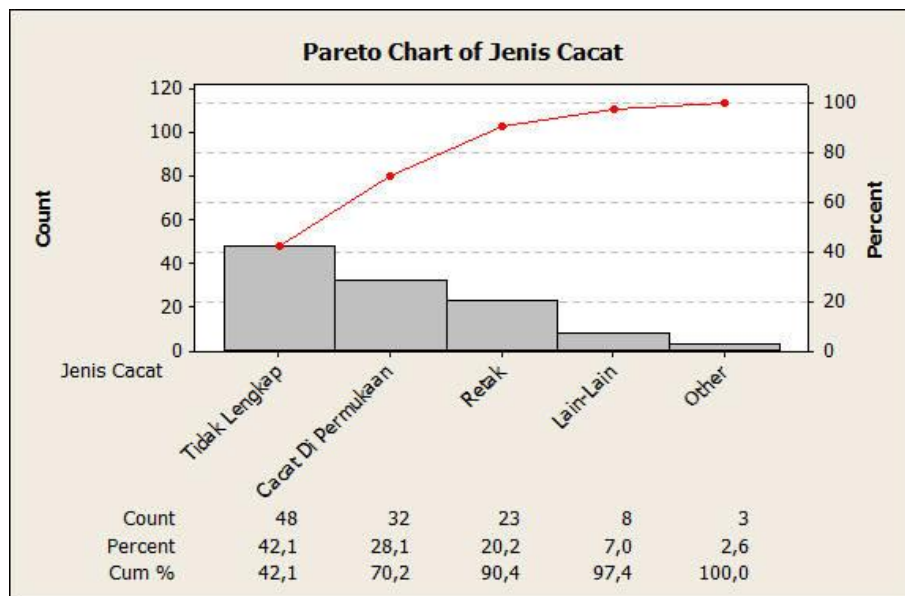
Pada dasarnya diagram Pareto dipergunakan sebagai alat interpretasi untuk menentukan frekuensi relatif dan urutan pentingnya masalah-masalah atau penyebab-penyebab dari masalah yang ada serta memfokuskan perhatian pada isu-isu kritis dan penting melalui membuat ranking terhadap masalah-masalah atau penyebab-penyebab dari masalah itu dalam bentuk yang signifikan.

Tahapan-tahapan dalam melakukan analisis Pareto hingga pembuatan diagram Pareto yaitu sebagai berikut (Pyzdek, 2002):

- a. Tentukan klasifikasi (kategori Pareto) untuk grafik. Kategori ini misalnya berdasarkan jenis kesalahan, biaya, jenis cacat atau jenis produk.
- b. Tetapkan interval atau lamanya waktu untuk analisis yang akan dicantumkan dalam grafik.
- c. Tentukan jumlah kejadian untuk setiap kategori. Tentukan juga total keseluruhan. Jika ada beberapa kategori yang menyebabkan hanya sebagian kecil dari total, kategori ini dapat dikelompokkan ke dalam kategori “lain-lain”.
- d. Hitung persentase untuk setiap kategori dengan membagi kategori total dengan total keseluruhan, kemudian kalikan dengan 100%.
- e. Urutkan peringkat kejadian mulai dari kejadian dengan persentase terbesar hingga terkecil.

- f. Hitung persentase kumulatif dengan menambah persentase untuk setiap kategori dengan kategori-kategori sebelumnya.
- g. Buat bagan dengan menggambarkan sumbu horizontal dan vertikal (kiri dan kanan) pada kertas grafik.
- h. Batasi sumbu vertikal dalam satuan yang tepat dan beri label satuan yang sesuai pada sumbu tersebut. Sumbu vertikal kiri berskala 0 sampai sedikitnya total keseluruhan. Sementara sumbu vertikal kanan dibuat dengan skala 0 sampai 100 (dalam %), dimana 100% pada sisi kanan sama dengan total keseluruhan pada sisi kiri.
- i. Beri label sumbu horizontal dengan nama kategori, dimulai dari kategori dengan peringkat terbesar, kemudian terbesar kedua dan seterusnya.
- j. Gambarkan balok/batang yang tingginya mewakili jumlah setiap kategori. Tinggi balok ditentukan oleh sumbu vertikal kiri.
- k. Gambarkan satu garis yang menunjukkan persentase kumulatif dari kategori. Garis ini ditentukan oleh sumbu vertikal kanan.
- l. Beri judul pada grafik dan tulis secara singkat sumber data yang menjadi dasar grafik.

Berikut adalah contoh diagram pareto yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



G
amba
r 2.4.
Cont
oh
Diag
ram

Pareto

(Sumber: Evans dan Lindsay, 2007)

2.3.2.4 Peta Kendali (Irwan – Didi Haryono, 2015).

Peta kendali adalah salah satu dari banyak alat untuk memonitoring proses dan mengendalikan kualitas. Alat-alat tersebut merupakan pengembangan metode untuk peningkatan dan perbaikan kualitas. Perbaikan kualitas terjadi pada dua situasi. Situasi pertama adalah ketika peta kendali dibuat, proses dalam kendali tidak stabil. Kondisi yang

di luar batas kendali terjadi karena sebab khusus, kemudian dicari tindakan perbaikan sehingga proses menjadi stabil. Kondisi kedua berkaitan dengan pengujian. Peta kendali tepat dalam pengambilan keputusan karena model akan melihat yang baik dan buruk.

Peta Kendali pertama diperkenalkan oleh Dr. Walter Andrew Shewhart dari *Bell Telephone Laboratories*, Amerika Serikat, pada tahun 1924 dengan maksud untuk menghilangkan variasi tidak normal. Variabilitas dasar atau gangguan dasar adalah pengaruh kumulatif dari banyak sebab-sebab kecil, yang pada dasarnya tak terkendali. Ada tiga macam variasi yang dapat terjadi, yaitu pertama: variasi yang terdapat pada barang. Kedua, variasi timbul diantara unit-unit yang dihasilkan selama waktu tertentu. Ketiga, variasi yang ditimbulkan oleh produksi yang berlainan waktunya. Variasi-variasi tersebut muncul karena dua sumber, yaitu sebagai berikut.

1. Variasi penyebab khusus

Kejadian-kejadian di luar sistem yang mempengaruhi variasi dalam sistem. Misalkan, manusia, peralatan, material, lingkungan, metode kerja, dan sebagainya.

2. Variasi penyebab umum

Faktor-faktor dalam sistem atau yang melekat pada proses yang menyebabkan timbulnya variasi. Penyebab umum sering disebut penyebab acak (*random causes*) atau penyebab sistem (*system causes*).

Pada six sigma, peta kendali digunakan untuk melandasi kinerja proses, memonitoring dan kontrol kinerja proses, evaluasi sistem pengukuran, perbandingan multi proses, perbandingan proses sebelum dan sesudah perubahan, dan sebagainya.

Secara umum, ada dua peta kendali, yaitu atribut dan variabel. Peta kendali variabel merupakan peta kendali yang digunakan untuk mengukur karakteristik kualitas, sedangkan peta atribut digunakan

mengukur jumlah cacat dalam produk atau bagian cacat dalam produk. Berikut merupakan jenis dan kegunaan dari peta kendali.

1. Peta kendali atribut

a. Peta kendali P

Digunakan untuk untuk memantau proporsi ketidaksesuaian yang dihasilkan dari suatu proses. Jika sampel yang diambil untuk setiap kali observasi jumlahnya sama, maka dapat digunakan peta kendali proporsi kesalahan maupun banyaknya kesalahan. Namun, bila sampel yang diambil bervariasi untuk setiap kali melakukan observasi berubah-ubah jumlahnya atau memang perusahaan ingin melakukan 100% inspeksi, maka kita harus menggunakan peta kendali proporsi kesalahan (*p-chart*). Apabila ukuran sampel atau ukuran sub kelompok yang digunakan pada setiap kali observasi naik atau lebih banyak, maka batas-batas pengendali menjadi lebih rendah, begitupun sebaliknya. Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan peta kendali P (Irwan – Didi Haryono, 2015).

1. Menghitung untuk setiap subgrup nilai proporsi unit yang cacat, yaitu:

Jika bagian yang tidak sesuai pada proses itu p tidak diketahui, maka p harus ditaksir dari data observasi. Prosedur yang biasa adalah memilih m sampel pendahuluan, masing-masing berukuran n . Jika ada P_i unit tidak sesuai dalam sampel i maka kita hitung bagian yang tidak sesuai dalam sampel ke- i itu sebagai:

$$p = \frac{P_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana p : proporsi cacat pada setiap sampel

P_i : banyaknya produk cacat

n : ukuran subgrup/jumlah yang diperiksa

2. Menghitung nilai rata-rata dari sampel p , yaitu $\bar{p}$ dapat dihitung dengan:

$$\bar{p} = \frac{\sum p_i}{\sum n} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana $\bar{p}$: garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan
 $\sum p_i$: banyaknya jumlah sampel yang diperiksa
 $\sum n$: banyaknya jumlah cacat

3. Menghitung batas kendali dari peta kendali p

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

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

4. Plot data proporsi (persentase) unit cacat serta amati apakah data tersebut berada dalam pengendalian atau di luar pengendalian.

2.3.3 Tahap *Analyze*

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari kecacatan atau kegagalan kemudian melakukan serangkaian pengujian.

Kekurangan yang ditemui pada kebanyakan pendekatan pemecahan masalah adalah kurangnya penekanan pada analisis yang tajam. Yang amat sering terjadi adalah kita melompat langsung kepada suatu solusi tertentu tanpa sepenuhnya memahami suatu masalah serta mengidentifikasi sumbernya, atau “akar permasalahan,” dari masalah. Fase analisis dari DMAIC berfokus pada pernyataan mengapa cacat, kesalahan, atau variasi yang berlebihan terjadi. Langkah-langkah yang ditempuh dalam tahap *analyze* meliputi pembuatan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) dan *Failure Mode and Effects Analysis*.

2.3.3.1 Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone*)

Diagram sebab akibat dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943, sehingga sering disebut dengan diagram Ishikawa. Diagram sebab akibat menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan antara akibat dan penyebab suatu masalah. Diagram tersebut memang digunakan untuk mengetahui akibat dari suatu masalah untuk selanjutnya diambil tindakan perbaikan. Penyebab masalah ini pun dapat berasal dari berbagai sumber utama, misalnya metode kerja, bahan, karyawan, lingkungan, dan seterusnya. Manfaat dari diagram sebab akibat antara lain:

1. Dapat menggunakan kondisi yang sesungguhnya untuk tujuan perbaikan kualitas produk atau jasa, lebih efisien dalam penggunaan sumber daya, dan dapat mengurangi biaya.
2. Dapat mengurangi dan menghilangkan kondisi yang menyebabkan ketidaksesuaian produk atau jasa dan keluhan pelanggan.
3. Dapat membuat suatu standarisasi operasi yang ada maupun yang direncanakan.
4. Dapat memberikan pendidikan dan pelatihan bagi karyawan dalam kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.

2.3.3.2 *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*

FMEA adalah alat Six Sigma yang sering digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas (Gasperz, 2002). FMEA merupakan salah satu teknik yang sistematis untuk menganalisa kegagalan. Teknik ini dikembangkan pertama kali sekitar tahun 1950-an oleh para insinyur kehandalan yang sering mempelajari masalah yang ditimbulkan oleh peralatan militer yang mengalami malfungsi (Syukron, 2013).

Secara umum tujuan dari penyusunan FMEA adalah menjamin bahwa semua bentuk mode kegagalan yang dapat diperkirakan berikut dampak yang ditimbulkannya terhadap kesuksesan operasional sistem

telah dipertimbangkan, membuat daftar kegagalan potensial serta mengidentifikasi seberapa besar dampak yang ditimbulkannya, sebagai dokumentasi untuk referensi pada masa yang akan datang untuk membantu menganalisa kegagalan yang terjadi di lapangan serta membantu bila sewaktu-waktu terjadi perubahan desain, sebagai data input untuk studi banding, sebagai basis untuk memprioritaskan perawatan korektif.

Tipe-tipe FMEA:

- *Design FMEA*
Digunakan untuk menganalisa produk sebelum dimasukan ke dalam proses produksi. Berfokus pada modus kegagalan yang diakibatkan oleh desain.
- *Process FMEA*
Digunakan untuk menganalisa proses produksi dan perakitan. Berfokus pada mode kegagalan yang disebabkan oleh proses produksi atau perakitan.
- *System FMEA* digunakan untuk menganalisa sistem dan subsistem dalam proses desain dan konsep. Berfokus pada modus kegagalan antara fungsi dari sistem yang disebabkan oleh defisiensi sistem.
- *Service FMEA*
Digunakan untuk menganalisa servis sebelum mencapai ke konsumen. Berfokus pada kegagalan yang disebabkan oleh sistem atau proses.
- *Product FMEA*
Berfokus pada modus kegagalan yang terjadi pada produk atau proyek.

FMEA adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. Secara umum, FMEA didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya, efek dari kegagalan tersebut, dan tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Sementara tujuan yang dapat dicapai perusahaan dengan penerapan FMEA adalah untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya, untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan signifikan, untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses, untuk membantu fokus *engineer* dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya masalah. Adapun langkah-langkah dalam FMEA adalah sebagai berikut (Miranda, 2002):

- a. Identifikasi proses atau produk/jasa.

- b. Daftarkan masalah-masalah yang mungkin timbul.
- c. Beri skala pada masalah berdasarkan kerumitannya, kemungkinan terjadi atau kemampuan terdeteksi. Gunakan skala 1-10.
- d. Hitung RPN (*Risk Priority Number*) dan tindakan yang diutamakan. Maksimum RPN adalah 1000.
- e. Ambil tindakan untuk mengurangi resiko.

Dalam menjalankan FMEA, yang langkah-langkahnya akan dijelaskan nanti, terlebih dahulu kita harus memahami variabel utama, yakni *severity* adalah rating yang mengacu pada besarnya dampak serius dari suatu *potential failure mode*. *Occurance*, rating yang mengacu pada beberapa banyak frekuensi *potential failure* terjadi. *Detection*, mengacu pada kemungkinan metode deteksi yang sekarang dapat mendeteksi *potential failure mode* sebelum produk tersebut dirilis untuk diproduksi. Metode FMEA mengenal apa yang disebut *Risk Priority Number* (RPN), yakni angka yang menggambarkan area mana perlu dijadikan prioritas. RPN dihitung berdasarkan rating dari ketiga faktor di atas. (Syukron, 2013). *Rating Occurance, Severity, Detectability*, dinyatakan dalam skala dari 1 sampai 10, dan digambarkan dalam tabel-tabel dibawah ini (Gasperz, 2002).

Tabel 2.2. Kriteria Penilaian Severity

Ranking	Kriteria
1	<i>Negligible severity</i> (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir tidak akan memperhatikan kegagalan ini.
2 3	<i>Mild severity</i> (pengaruh buruk yang sedikit/ringan). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler (<i>regular maintenance</i>)
4 5 6	<i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna akhir tidak akan merasakan penurunan kinerja atau penampilan, namun masih berada dalam batas toleransi. Perbaikan yang dapat dilakukan tidak akan mahal, jika terjadi <i>downtime</i> hanya dalam waktu singkat.
7 8	<i>High severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak dapat diterima, berada di luar batas toleransi. Akibat akan terjadi pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. <i>Downtime</i> akan mengakibatkan biaya yang sangat mahal. Penurunan kinerja dalam area yang berkaitan dengan peraturan pemerintah, namun tidak berkaitan dengan

	keamanan dan keselamatan.
9 10	<i>Potential safety problems</i> (masalah keselamatan/keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya yang dapat terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. Bertentangan dengan hukum.

(Sumber: Gaspersz, 2002)

Tabel 2.3. Kriteria Penilaian *Occurance*

Ranking	Kriteria Verbal	Tingkat Kegagalan/ Kecacatan
1	Tidak mungkin bahwa penyebab ini menyebabkan kegagalan	1 dalam 1.000.000
2 3	Kegagalan akan jarang terjadi	1 dalam 20.000 1 dalam 4000
4 5 6	Kegagalan akan mungkin terjadi	1 dalam 1.000 1 dalam 400 1 dalam 80
7 8	Kegagalan akan sangat mungkin terjadi	1 dalam 40 1 dalam 20
9 10	Hampir dapat dipastikan kegagalan akan terjadi	1 dalam 8 1 dalam 4

(Sumber: Gaspersz, 2002)

Tabel 2.4. Kriteria Penilaian *Detection*

Ranking	Kriteria verbal	Tingkat kejadian penyebab
1	Metode pencegahan atau deteksi sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab mungkin masih muncul akan terjadi.	1 dalam 1.000.000
2 3	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi adalah rendah.	1 dalam 20.000 1 dalam 4000
4 5 6	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderate. Metode pencegahan atau deteksi masih mungkin penyebab itu terjadi	1 dalam 1.000 1 dalam 400 1 dalam 80
7 8	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi masih tinggi. Metode pencegahan atau deteksi kurang efektif. Karena penyebab masih berulang kembali.	1 dalam 40 1 dalam 20
9 10	Kemungkinan penyebab itu terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan atau deteksi tidak efektif. Penyebab akan selalu terjadi.	1 dalam 8 1 dalam 4

(Sumber: Gaspersz, 2002)

Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) merupakan perkalian antara $S \times O \times D$ (Syukron, 2013).

RPN = rating S x rating O x rating

2.3.4 Tahap *Improve*

Tahap berikutnya adalah *improve* atau peningkatan. Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penerapan rencana tindakan (*action Plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*.

Langkah-langkah yang ditempuh dalam tahap *Improve* adalah memberikan usulan perbaikan dengan metode 5W+1H. Menurut Gasperz (2002), pengembangan rencana tindakan merupakan salah satu aktivitas yang penting dalam program peningkatan kualitas. Harus diputuskan apa yang harus dicapai (berkaitan dengan target yang harus ditetapkan), alasan kegunaan (mengapa) rencana tindakan itu harus dilakukan, di mana rencana itu ditetapkan atau dilakukan, siapa yang akan menjadi penanggung jawab dari rencana tindakan itu. Analisis menggunakan metode 5W+1H dapat digunakan pada tahap pengembangan rencana tindakan ini. 5W+1H adalah *what* (apa), *why* (mengapa), *where* (dimana), *when* (bilamana), *who* (siapa), dan *how* (bagaimana). Penggunaan metode 5W+1H dijelaskan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Rencana Perbaikan dengan 5W+1H

Jenis	5W+1	Deskripsi	Tindakan
T u j u	<i>What</i> (apa) ?	Apa yang menjadi target utama dari perbaikan/peningkatan kualitas?	Merumuskan target sesuai dengan kebutuhan
Metode	<i>How</i> (bagaimana)?	Bagaimana mengerjakan aktivitas rencana tindakan?	Menyederhanakan aktivitas-aktivitas rencana tindakan yang ada.
		Apakah metode yang digunakan sekarang, merupakan metode terbaik?	

		Apakah ada cara lain yang lebih mudah?	
Alasan kegu Lanjutan...	<i>Why</i> (mengapa)?	Mengapa rencana tindakan itu diperlukan?	Merumuskan target sesuai dengan kebutuhan

Jenis	5W+1H	Deskripsi	Tipe Lanjukan...
Lokasi	<i>Where</i> (dimana)?	Dimana rencana tindakan itu akan dilaksanakan?	Mengubah sekuens (urutan) aktivitas atau mengkombinasikan aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan bersama.
		Apakah aktivitas itu harus dikerjakan disana?	
Sekuens (urutan)	<i>When</i> (kapan)?	Bilamana aktivitas rencana tindakan itu akan terbaik untuk dilaksanakan?	
		Apakah aktivitas itu dapat dikerjakan kemudian?	
Orang	<i>Who</i> (siapa)?	Siapa yang mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu?	
		Apakah ada orang lain yang dapat aktivitas rencana tindakan itu?	
		Mengapa orang itu yang ditunjuk untuk mengerjakan aktivitas itu?	

(Sumber: Gaspersz, 2002)

2.3.5 Tahap *Control*

Control (kendali) merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini akan dilakukan pengontrolan terhadap hasil implementasi. Hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktik-praktik terbaik yang sukses dalam meningkatkan proses distandarisasikan dan disebarluaskan, prosedur-prosedur didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja standar. Selanjutnya, proyek-proyek *six sigma* pada area lain dalam proses atau organisasi bisnis ditetapkan sebagai proyek-proyek baru yang harus mengikuti siklus DMAIC. Melalui cara ini, maka akan terjadi

peningkatan integrasi, institusionalisasi, pembelajaran, dan sharing atau transfer pengetahuan-pengetahuan baru dalam organisasi six sigma itu (Gaspersz, 2002).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Jenis data terbagi dua, yaitu data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari objek yang diteliti. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian orang lain atau dari suatu institusi dimana data tersebut sudah dipublikasikan. Sumber data adalah sumber darimana data bisa diperoleh. Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dengan melakukan pengamatan langsung dalam perusahaan termasuk juga wawancara dengan pihak perusahaan. Data primer dapat berupa opini objek yang berkaitan dengan objek yang diteliti hasil observasi terhadap suatu objek dan kejadian.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat dari catatan perusahaan maupun pihak terkait. Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) perusahaan yang dipublikasikan dan yang tidak dipublikasikan.

3.2 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian menggambarkan langkah-langkah dalam pemecahan masalah. Tahapan pemecahan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan telaah literatur atau sumber pustaka yang berkaitan dengan metode penelitian yang dilakukan dan berhubungan dengan topik penelitian, yaitu metode DMAIC.

2. Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan studi yang dilakukan dengan tujuan mendapatkan informasi mengenai kondisi aktual perusahaan, proses produksi yang berlangsung dan dapat mengetahui masalah-masalah yang dihadapi oleh perusahaan. Studi lapangan dilakukan dengan melakukan pengamatan pada proses produksi, wawancara langsung dengan bagian kualitas dan produksi pada *plant* KT 24 di PT Bakrie Pipe Industries.

3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk merumuskan masalah apa saja yang ada pada penelitian ini, sehingga dapat memudahkan dalam penetapan tujuan penelitian. Adapun rumusan masalah sudah dijelaskan pada bab I.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini merupakan tujuan akhir yang akan dicapai pada penelitian yang akan dilakukan. Adapun tujuan penelitian sudah dijelaskan pada bab I.

5. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh informasi-informasi yang berkaitan dengan obyek yang akan diteliti. Data ini dapat berupa data umum perusahaan dan data produksi. Sumber data penelitian terdiri atas sumber data primer dan data sekunder.

6. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data ini dimulai dengan tahap DMAIC yang pertama yaitu proses *Define*, kemudian dilanjutkan tahap *Measure*.

a. Tahap *Define*

Melakukan pendefinisian secara jelas yang merupakan fase awal penerapan metode DMAIC untuk meningkatkan kualitas. Aktivitas yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- 1) Memilih lini produksi dan menentukan *plant* mana yang akan diteliti dalam laporan tugas akhir ini.
- 2) Mengidentifikasi dan memahami alur proses secara keseluruhan dengan menggambar diagram aliran proses.

3) Pembuatan Diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*).

Mendefinisikan proses yang akan diteliti dan mengenali hubungan antara variable *input* yang dibutuhkan dan *output* yang diinginkan dengan membuat sebuah diagram yang terdiri dari *Suppliers, Inputs, Process, Outputs dan Customers*. Ini dilakukan agar dapat diperoleh informasi mengenai keterkaitan antar proses dan interaksinya.

b. *Measure*

Measure adalah langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Aktivitas yang dilakukan pada tahap ini adalah:

1) *Critical To Quality* (CTQ)

Setelah proyek *Six Sigma* didefinisikan, kita akan mencari tahu karakteristik kunci dari produk tersebut adapun yang menjadi karakteristik kunci untuk kualitas hasil proses *forming* dan *welding*.

2) Pemilihan Peta Kendali

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data, kemudian dilakukan pembuatan peta kendali yang sesuai, untuk melihat apakah proses sudah dalam proses pengendalian statistik atau tidak. Peta kendali yang digunakan pada penelitian ini adalah peta kendali atribut yaitu peta P.

3) Kinerja *Baseline*

Setelah diperoleh proses yang berada dalam batas kendali dalam artian tidak lagi dipengaruhi oleh penyebab khusus, maka dilakukan pengukuran atas kinerja *baseline* dengan melakukan perhitungan nilai *Defects per Million Opportunities* (DPMO), lalu dilakukan pengkonversian nilai DPMO ke nilai sigma.

7. Analisis dan Pembahasan

a. *Analyze*

Pada tahap *analyze* dilakukan analisa terhadap proses *forming* pembuatan pipa baja di PT Bakrie Pipe Industries. Hal ini dilakukan dengan

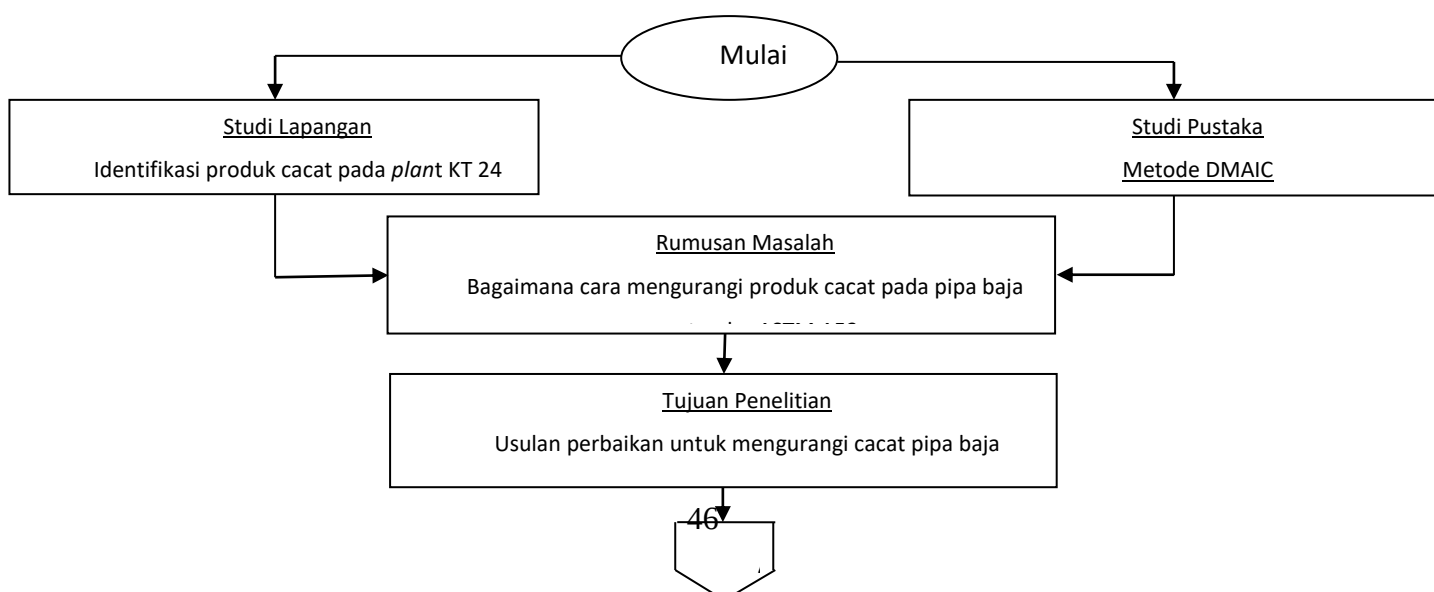
mengidentifikasi akar penyebab masalah. Dalam mengidentifikasi akar penyebab masalah dilakukan berdasarkan beberapa yang berpengaruh, yaitu *man, machine, method, and material*. Adapun aktivitas yang dilakukan pada tahap ini, yaitu dengan membuat diagram sebab–akibat. Diagram sebab akibat berguna untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan dalam menentukan karakteristik kualitas output kerja. Ini dilakukan melalui cara *brainstorming* dengan pihak perusahaan yang berkaitan dengan permasalahan cacat yang akan dianalisis. Selain itu, juga dilakukan analisis menggunakan *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*. FMEA adalah alat Six Sigma yang sering digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas.

b. *Improve*

Tahap *improve* merupakan tahap perbaikan dalam proses. Pada tahap ini diusulkan perbaikan untuk solusi dari akar permasalahan yang ada. Dimana usulan perbaikan dilakukan dalam usaha untuk memenuhi target perbaikan kualitas. Target yang ingin dicapai dalam rangka usulan perbaikan adalah dengan menggunakan metode 5W+1H.

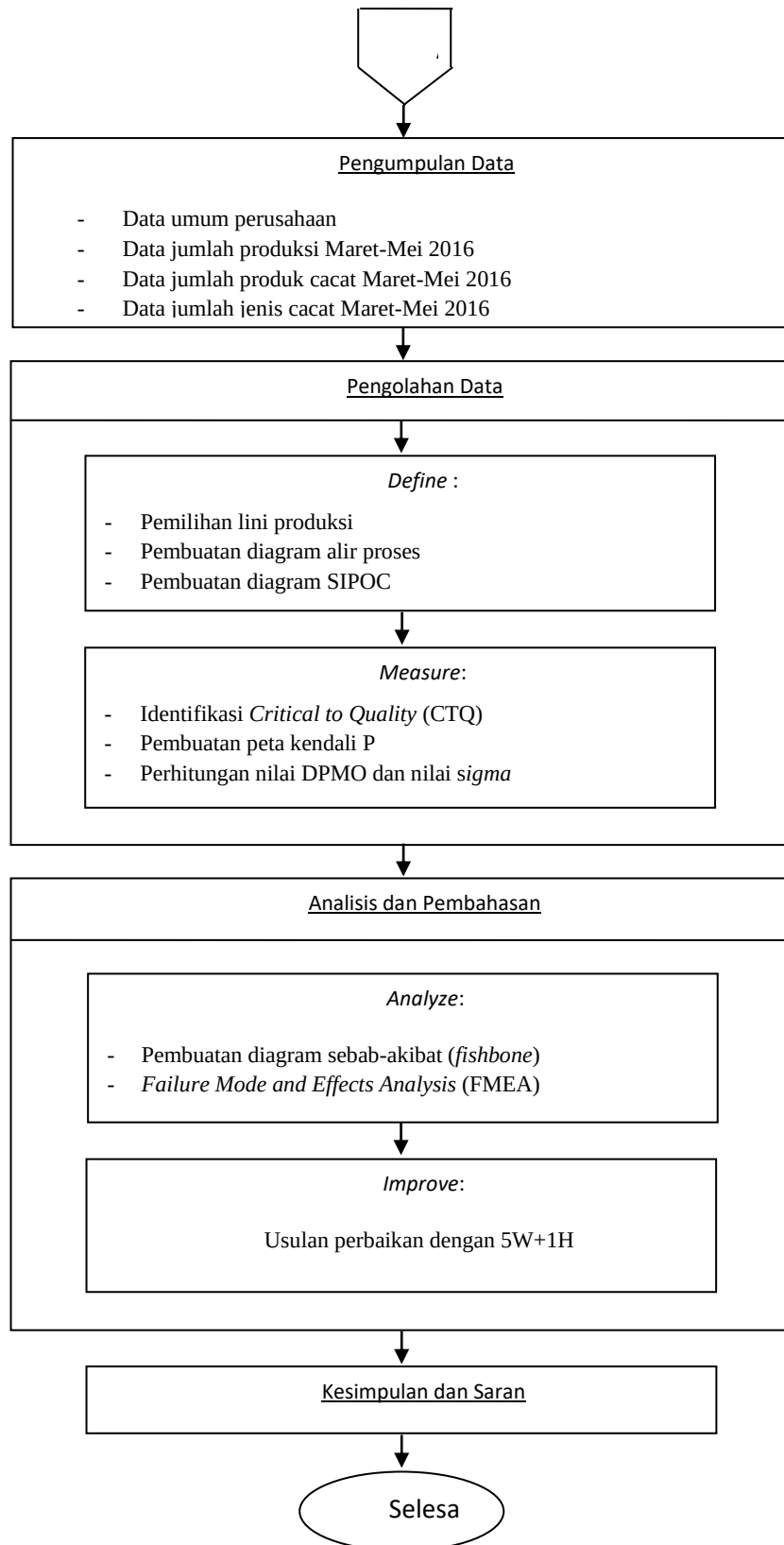
8. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan serta memberikan solusi pemecahan yang dapat diterapkan dari penelitian ini. Kerangka pemecahan masalah dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kerangka Pemecahan Masalah

Lanjuta



Gambar 3.1. Kerangka Pemecahan Masalah
(Sumber: Pengolahan Data)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Informasi yang telah dikumpulkan melalui wawancara, riset penelitian serta data yang diperoleh dari hasil proses produksi dan pengendalian kualitas PT Bakrie Pipe Industries.

4.1.1 Profil Perusahaan

Pada tahun 1959, pertama kalinya Achmad Bakrie (Alm) mendirikan sebuah pabrik baja dengan nama “TALANG TIRTA” di Jakarta. Hingga tahun 1972 seiring dengan permintaan pasar yang terus meningkat, produksi pipa baja mencapai 25.000 ton per tahunnya. Pada saat itu pula, PT Talang Tirta mampu membuat pipa dengan diameter 4 inci (pipa untuk saluran air dan lainnya). Sejak saat itu, pipa bajanya banyak dikenal oleh masyarakat luas, sehingga PT Talang Tirta pun membuat perluasan pabrik yang dilakukan pada tahun 1978.

Setelah adanya perluasan pabrik, ada peningkatan produksi yaitu dengan membuat pipa berdiameter 5/8 inci sampai dengan 6 inci, termasuk pipa bawah laut yang digunakan untuk keperluan industri minyak dan gas. Kemudian pipa tersebut diberi nama API 5L. Dengan diproduksi pipa API 5L, PT Talang Tirta memperoleh pengakuan dari pihak *American Petroleum Institut* (API) pada tahun 1979 untuk memberikan API monogram pada setiap pipa API 5L yang diproduksi.

Setelah itu, pada tahun 1981 berdirilah PT Bakrie Pipe Industries dengan lahan seluas 38 hektar di kabupaten Bekasi, Jawa Barat. PT Bakrie Pipe Industries mampu memproduksi pipa baja hingga diameter 16 inci, dengan kapasitas produksi 70.000 ton per tahun. Sementara itu, pada tahun 1984, PT Bakrie Pipe Industries untuk kedua kalinya mendapatkan pengakuan dari API lagi. PT Bakrie Pipe Industries telah berhasil memproduksi pipa baja berkualitas dunia dan memenuhi standar internasional dengan didukung mesin-mesin modern, tata kerja yang efektif dan efisien, serta sumber daya yang inovatif, kreatif, handal, profesional, dan penuh integritas. Di samping itu, PT Bakrie Pipe

Industries juga telah melakukan ekspor ke beberapa negara, antara lain Amerika Serikat, Australia, Belanda, Kanada, Kuwait, Jepang, Thailand, dan Singapura.

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

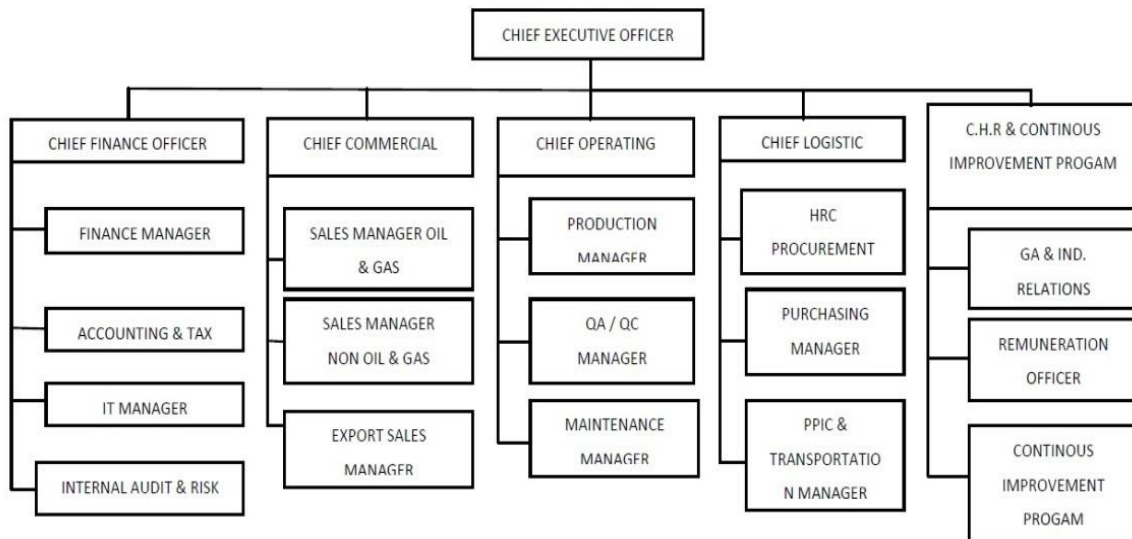
PT Bakrie Pipe Industries adalah perusahaan *job order* yang bergerak dalam industri pembuatan pipa baja. Perusahaan ini menghasilkan pipa baja dengan berbagai macam ukuran. Adapun visi dan misi PT Bakrie Pipe Industries adalah:

1. Visi Perusahaan
Menjadi produsen pipa baja terkemuka di wilayah ASEAN.
2. Misi Perusahaan
 - a) Menyediakan produk-produk yang dapat diandalkan dengan harga yang kompetitif dan pengiriman tepat waktu yang sesuai dan bahkan melampaui persyaratan yang ditetapkan oleh pelanggan.
 - b) Melakukan aktifitas bisnis yang didasari oleh nilai-nilai integritas, profesionalisme, dan profitabilitas.
 - c) Memberikan prioritas utama kepada lingkungan kerja yang aman dan nyaman.

4.1.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi dalam suatu perusahaan memiliki arti yang sangat penting sebagai alat untuk mencapai tujuan perusahaan, yaitu mengatur tugas, tanggung jawab, dan wewenang pada setiap bagian dalam perusahaan sehingga perusahaan dapat berjalan dengan baik.

Struktur organisasi PT Bakrie Pipe Industries disusun berdasarkan fungsi-fungsi yang dibutuhkan di dalam perusahaan seiring dengan perkembangan usaha. Struktur organisasi dari PT Bakrie Pipe Industries adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1. Struktur Organisasi PT Bakrie Pipe Industries

Sumber : (PT Bakrie Pipe Industries)

4.1.4 Job Description

Job description atau analisa jabatan adalah suatu gambaran sistematis yang berisikan tugas dan tanggung jawab dari jabatan tersebut serta wewenang yang diberikan kepada orang yang memegang jabatan tersebut. Agar kita dapat lebih mendapatkan gambaran lebih jelas dari struktur organisasi, yaitu mengenai tugas atau tanggung jawab yang diemban oleh personil di dalam organisasi tersebut. Kemudian berdasarkan hasil pengumpulan data ini akan dilakukan analisis jabatan yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk deskripsi jabatan. Penjelasan mengenai deskripsi jabatan yang ada di PT BPI berdasarkan struktur organisasinya akan diuraikan sebagai berikut:

1. Chief Executive Officer

Memiliki tugas dan wewenang dalam memimpin perusahaan dan juga bertanggung jawab atas kelangsungan hidup perusahaan, sesuai dengan tujuan yang telah disepakati sehingga tidak terjadi penyimpangan. *Chief Executive Officer* utama membawahi *Chief Finance Officer*, *Chief Commercial Officer*, *Chief Operaitng Officer*, *Chief Logistics*, dan *Chief C.H.R. & Continous Improvement Program*.

2. Chief Finance Officer

Tugas dari *Chief Finance Officer* sebagai berikut :

- a. Mengurus masalah keuangan perusahaan
- b. Menjamin ketersediaan dana untuk perusahaan
- c. Mengatur kelar masuknya dana
- d. Menyusun pembukuan dan laporan keuangan
- e. Menghitung keuntungan yang di terima perusahaan

Dalam menjalankan tugasnya *Chief Finance Officer* dibantu oleh :

a. *Finance Manager*

Yang bertugas melakukan kontrol intern terhadap laporan keuangan bulanan, memeriksa proyeksi *cash flow* setiap bulannya dari Departemen Keuangan serta menganalisisnya, bertanggung jawab terhadap anggaran perusahaan, dan bertanggung jawab atas seluruh proses akuntansi dan pelaporannya.

b. *Accounting & Tax Manager*

Yang bertugas melakukan pemeriksaan proyeksi PPh serta menganalisisnya, bertanggung jawab terhadap laporan akuntansi dan pajak perusahaan, dan bertanggung jawab terhadap laporan akuntansi manajemen perusahaan serta menganalisisnya.

c. *IT Manager*

Yang bertugas melakukan kontrol atas terlaksananya *system developer* dan *system administrator* perusahaan dan bertanggung jawab terhadap *database* atas semua departemen dalam perusahaan.

d. *Internal Audit & Risk Management*

Yang bertugas menyusun dan melaksanakan rencana internal audit tahunan dan menguji dan mengevaluasi pelaksanaan pengendalian interen dan sistem manajemen resiko sesuai dengan kebijakan perusahaan.

3. *Chief Commercial Officer*

Tugas dari *Chief Commercial Manager* sebagai berikut :

- a. Menangani masalah produk pemasaran produk perusahaan
- b. Menetapkan harga jual produk

Dalam menjalankan tugasnya *Chief Commercial Officer* dibantu oleh :

a. *Sales Manager Oil & Gas*

Yang bertugas merencanakan, mengontrol dan mengkoordinir proses penjualan dan pemasaran untuk mencapai target penjualan dan mengembangkan pasar untuk jenis pipa minyak dan gas.

b. *Sales Manager Non Oil & Gas*

Yang bertugas merencanakan, mengontrol dan mengkoordinir proses penjualan dan pemasaran untuk mencapai target penjualan dan mengembangkan pasar untuk jenis pipa non minyak dan gas.

c. *Export Sales Manager*

Yang bertugas mengatur penjualan dan pemasaran ke luar negara.

4. *Chief Operating Officer*

Tugas dari *Chief Operating Manager* sebagai berikut :

- a. Bertanggung jawab terhadap kelancaran produksi
- b. Mengatur jadwal *maintenance* mesin-mesin produksi
- c. Menentukan jenis mesin produksi yang akan digunakan untuk produksi

Dalam menjalankan tugasnya *Chief Commercial Officer* dibantu oleh :

a. *Production Manager*

Yang bertugas melakukan pengelolaan faktor-faktor produksi agar hasil produksi sesuai dengan apa yang telah direncanakan oleh perusahaan.

b. *QA/QC Manager*

Yang bertugas melakukan kontrol dan menentukan kualifikasi layak atau tidaknya produk yang telah selesai diproduksi sesuai standar yang telah ditetapkan.

c. *Maintenance Manager*

Yang bertugas melakukan pemeriksaan pada peralatan/mesin untuk mencegah terjadinya kesalahan agar proses produksi dapat tetap berjalan.

5. *Chief Logistics*

Tugas dari *Chief Logistics* sebagai berikut :

- a. Menentukan kapasitas produksi
- b. Menentukan besarnya volume produksi
- c. Menetapkan jumlah persediaan bahan baku
- d. Membuat rencana produksi

Dalam menjalankan tugasnya *Chief Logistics* dibantu oleh :

a. *HRC Procurement Manager*

Yang bertugas melakukan perencanaan dan pembelian bahan baku yaitu HRC sesuai dengan penjadwalan produksi.

b. Purchasing Manager

Yang bertugas melakukan perencanaan dan pembelian setiap barang yang dibutuhkan dan menentukan pemasok yang menyediakan bahan yang berkualitas dengan harga terjangkau.

c. PPIC & Transportation Manager

Yang bertugas melakukan kontrol dan perencanaan pada jalannya produksi, *warehouse*, dan persediaan bahan baku.

6. C.H.R & *Continous Improvement Program*

Tugas dari C.H.R & *Continous Improvement Program* sebagai berikut:

- a. Mengatur masalah kepersonaliaan
- b. Menetapkan jumlah karyawan yang dibutuhkan
- c. Menentukan jumlah gaji yang diterima karyawan
- d. Mengatur kesejahteraan karyawan

Dalam menjalankan tugasnya dibantu oleh :

a. GA & Ind. Relation Officer

Yang bertugas melakukan hubungan dengan pegawai, melakukan audit pegawai, dan menyediakan prasarana kerja.

b. Remuneration Officer

Yang bertugas menangani gaji maupun insentif pegawai dan hal yang berkaitan dengan administrasi pegawai.

c. Continous Improvement Program

Yang bertugas membuat perencanaan dan pengembangan program-program yang berkaitan dengan kepegawaian.

4.1.5 Ketenagakerjaan

Seperti yang telah kita ketahui bahwa PT Bakrie Pipe Industries memproduksi berbagai jenis pipa baja. Untuk mengefisiensikan waktu kerja, maka PT BPI memberlakukan sistem kerjanya sebagai berikut:

Tabel 4.1. Jam kerja PT Bakrie Pipe Industries

Hari	Non Shift	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Keterangan
Senin s/ d K a m is	07.30 - 12.0 0	07.30 - 12.00	16.30 - 20.00	00.30 - 04.0 0	Jam Kerja
	12.00 - 13.0 0	12.00 - 13.00	20.00 - 21.00	04.00 - 05.0 0	Istirahat
	13.00 - 16.3 0	13.00 - 16.30	21.00 - 00.30	05.00 - 07.3 0	Jam Kerja
Jumat	07.30 - 11.3 0	07.30 - 11.30	15.30 - 20.00	00.00 - 04.0 0	Jam Kerja
	11.30 - 13.0 0	11.30 - 13.00	20.00 - 21.00	04.00 - 05.0 0	Istirahat
	13.00 - 16.3 0	13.00 - 16.30	21.00 - 00.30	05.00 - 08.0 0	Jam Kerja

(Sumber : *Company Profile* PT Bakrie Pipe Industries)

Sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku, hari kerja di perusahaan adalah lima hari kerja dalam seminggu dengan jumlah jam kerja 40 jam seminggu. Untuk jenis pekerjaan tertentu, perusahaan dapat menetapkan waktu kerja secara khusus dengan tetap berpedoman pada peraturan perundang-undangan yang berlaku.

4.1.6 Fasilitas Produksi dan *Layout Plant* KT 24

PT Bakrie Pipe Industries didukung oleh mesin-mesin berteknologi tinggi dengan inovasi terbaru, antara lain mesin KT 24, VAI 4, WTM 8, dan MM 1. Produksi pipa baja di PT Bakrie Pipe Industries dilakukan di 3 *plant* yang berbeda

untuk ukuran diameter pipa yang berbeda-beda. Tiga *plant* tersebut, yaitu *plant* MVSG (MM 1, VAI 4, *Slitting* dan *Galvanish*), WTM 8&16, dan KT 24.

A. *Plant* MM 1

Plant MM 1 mempunyai desain kapasitas produksi 10.000 ton per tahun dan mampu memproduksi pipa berdiameter ½ inchi-1¼ inchi, dengan ketebalan 1,3 mm–3,2 mm.

B. *Plant* VAI 4

Plant VAI 4 mempunyai desain kapasitas produksi 60.000 ton per tahun dan mampu memproduksi pipa berdiameter 1½ inchi-4 inchi, memiliki ketebalan 1,5mm-6mm.

C. *Plant Slitting*

Plant Slitting mempunyai desain kapasitas produksi 100.000 ton per tahun dan mampu memproses *coil* sampai ketebalan 8,2 mm. *Plant Slitting* ini memproduksi *coil* lebar yang dibentangkan menjadi plat baja, kemudian di-*slittel* dibelah plat baja lebar menjadi beberapa ukuran plat baja sesuai kebutuhan *plant* produksi MM 1, VAI 4, dan WTM 8&16.

D. *Plant Galvanish*

Plant Galvanish mempunyai desain kapasitas produksi 15.000 ton per tahun dan mampu memproses pipa dengan panjang 6 meter. *Plant* ini memproses pipa baja jadi dengan memberi lapisan seng pada permukaan pipa untuk mencegah korosi pada pipa baja.

E. *Plant* WTM 8

Plant WTM 8 mempunyai desain kapasitas produksi 30.000 ton per tahun dan mampu memproduksi pipa berdiameter 4 inch-8 inch, dengan ketebalan 2,9 mm–8,18 mm.

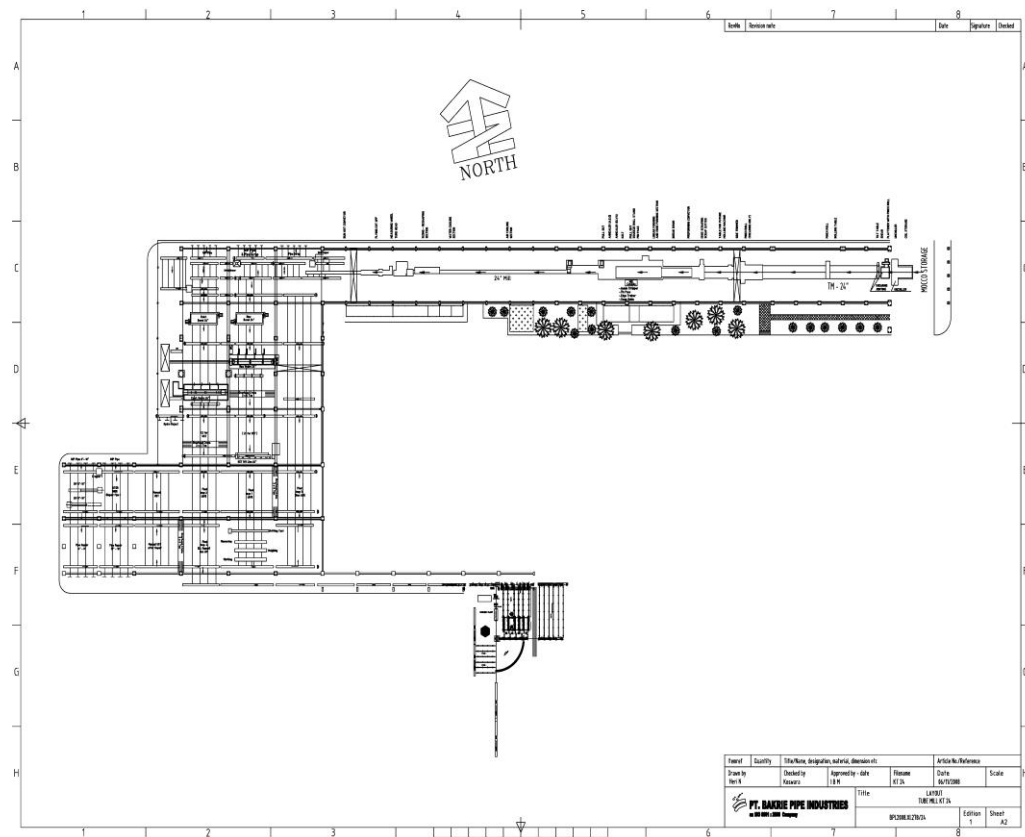
F. *Plant* WTM 16

Plant WTM 16 mempunyai desain kapasitas produksi 60.000 ton per tahun dan mampu memproduksi pipa berdiameter 6 inchi–16 inchi, memiliki ketebalan 4,8 mm–12,7 mm.

G. *Plant* KT 24

Plant KT-24 mempunyai desain kapasitas produksi 150.000 ton per tahun dan mampu memproduksi pipa berdiameter 8 inchi–24 inchi, memiliki ketebalan 4,8 mm–15,9 mm.

Layout atau tata letak adalah suatu peta yang menggambarkan tata letak pabrik secara keseluruhan dalam skala yang kecil (yang telah ditentukan), dimana tata letak pabrik tersebut dilihat dari sudut pandang atas. Adapun tata letak *plant* KT 24 PT Bakrie Pipe Industries yang merupakan tempat proses produksi pipa baja ASTM A53 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2. Tata Letak *Plant* KT 24 PT BIP

Sumber : (PT Bakrie Pipe Industries)

4.1.7 Kebijakan Mutu Perusahaan

Suatu produk harus dibuat sedemikian rupa sehingga bisa sesuai (*conform*) dan memenuhi spesifikasi, standar dan kriteria-kriteria standar kerja lainnya yang telah disepakati. Dalam pemakaian nantinya, maka produk tersebut

harus pula sesuai dengan fungsinya. Semua itu dapat terwujud dengan pelaksanaan yang cermat terhadap pengendalian kualitas dari rancangan produk (*quality of design*) dan kualitas kesesuaian (*quality of conformance*) akan memberikan tingkat kualitas performan dari produk yang dihasilkan.

PT BPI mempunyai kebijakan yang menjadi acuan perusahaan dalam menciptakan produk berkualitas dan memenuhi kepuasan pelanggan berdasarkan penjelasan di atas. Kebijakan kualitas PT BPI adalah menyediakan produk yang handal yang memenuhi bahkan lebih baik dari persyaratan pelanggan yang dikembangkan secara berkesinambungan, dengan harga bersaing, pengiriman tepat waktu, dan secara berkelanjutan meningkatkan efektifitas sistem manajemen mutu.

4.1.8 Data Jumlah Defect Pipa Baja ASTM A53

Data pemeriksaan jumlah *defect* pipa baja ASTM A53 size 24 inch x 6,35 mm x 6,0 m pada PT Bakrie Pipe Industries periode Maret-Mei 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Jumlah *Defect* Pipa Baja ASTM A53 Periode Maret-Mei 2016

No.	Hari Pengamatan	Jumlah Produksi (batang)	Jumlah Cacat (batang)
1	29-Mar-16	35	4
2	30-Mar-16	54	10
3	31-Mar-16	71	8
4	01-Apr-16	266	61
5	04-Apr-16	358	34
6	05-Apr-16	321	32
7	06-Apr-16	330	29
8	07-Apr-16	391	29
9	08-Apr-16	248	15
10	11-Apr-16	282	20
11	12-Apr-16	214	34
12	13-Apr-16	318	64

13	14-Apr-16	326	32
14	15-Apr-16	249	30
15	18-Apr-16	422	52
16	19-Apr-16	276	30
17	20-Apr-16	386	42
18	21-Apr-16	450	46
19	22-Apr-16	277	40
20	25-Apr-16	355	34
21	26-Apr-16	384	22
22	27-Apr-16	281	17
23	28-Apr-16	312	26
24	29-Apr-16	244	14
25	02-Mei-16	249	13
Total (batang)		7.099	738

(Sumber: PT Bakrie Pipe Industries)

4.1.9 Data Jenis *Defect* Harian Pipa Baja ASTM A53

Ada beberapa jenis cacat yang terjadi pada pipa baja ASTM A53. Beberapa jenis cacatnya, seperti *inner bead*, *outer high low* (HL), dan *open weld* (las terbuka). *Inner bead* adalah kampuh las di bagian dalam pipa yang tidak terserut, *outer high low* (HL) ialah ketidaksejajaran pada bagian tengah pipa, dan *open weld* (las terbuka) adaah erjadinya *coak* pada pipa.

Berdasarkan uraian diatas, di bawah ini adalah jumlah cacat dari masing-masing jenis cacat pada periode Maret-Mei 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Jenis *Defect* Pipa Baja ASTM A53 Periode Maret-Mei 2016

No.	Hari Pengamatan	Jumlah Produksi (batang)	Jenis Cacat (batang)			Jumlah Cacat (batang)
			<i>Inner Bead</i>	<i>Outer High Low (HL)</i>	<i>Open Weld</i>	
1	29-Mar-16	35	1	1	2	4

2	30-Mar-16	54	4	2	4	10
3	31-Mar-16	71	4	2	2	8
4	01-Apr-16	266	15	25	21	61
5	04-Apr-16	358	8	16	10	34
6	05-Apr-16	321	-	15	17	32
7	06-Apr-16	330	13	11	5	29
8	07-Apr-16	391	7	12	10	29
9	08-Apr-16	248	2	9	4	15
10	11-Apr-16	282	4	10	6	20
11	12-Apr-16	214	-	21	13	34
12	13-Apr-16	318	10	34	20	64
13	14-Apr-16	326	5	20	7	32
14	15-Apr-16	249	11	10	9	30
15	18-Apr-16	422	8	34	10	52
16	19-Apr-16	276	9	13	8	30
17	20-Apr-16	386	14	20	8	42
18	21-Apr-16	450	-	31	15	46
19	22-Apr-16	277	12	11	17	40
20	25-Apr-16	355	6	12	16	34
21	26-Apr-16	384	-	10	12	22
22	27-Apr-16	281	3	6	8	17
23	28-Apr-16	312	7	3	16	26
24	29-Apr-16	244	2	7	5	14
25	02-Mei-16	249	2	5	6	13
Total (batang)		7.099	147	340	251	738

(Sumber: Pengolahan data)

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menguji data yang sudah terkumpul dengan menggunakan metode DMAIC, sehingga nantinya diperoleh suatu

informasi sebagai bahan dari analisa masalah. Dalam laporan ini pengolahan data berisikan, tahap *define* dan *measure*.

4.2.1 Tahap *Define*

Pada tahap ini dilakukan pendefinisian terhadap kriteria pemilihan lini produksi dan pipa mana yang memiliki prioritas untuk dilakukan perbaikan. Ini bertujuan untuk mempermudah melakukan analisis dan langkah perbaikan terhadap proses berdasarkan aliran proses yang ada. Analisis juga dilakukan terhadap kebutuhan spesifik pelanggan yang akan tergambar dalam diagram SIPOC. Tujuannya adalah untuk mempermudah dilakukannya analisis dan perbaikan terhadap proses.

1. Pemilihan lini produksi

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa tingkatan manajemen di pabrik, *plant* KT 24 adalah *plant* yang akan menjadi penelitian kali ini. Hal ini disebabkan karena *plant* KT 24 memproduksi pipa-pipa dengan *size* (ukuran) dan *thickness* yang paling besar dibandingkan dengan *plant* lainnya. Semakin besar *size* dan *thickness* sebuah pipa, maka semakin besar pula tingkat risikonya, seperti jumlah cacat dan besar kerugiannya. Setelah pemilihan *plant* atau lini produksi, selanjutnya akan dipilih jenis pipa mana yang akan menjadi pusat penelitian. Untuk itu, di bawah ini merupakan tabel dari data jumlah produksi dan cacat pada *plant* KT 24.

Tabel 4.4. Data Jumlah Produksi dan Cacat Periode Maret-Mei 2016

Jenis Pipa	Jumlah Produksi (batang)	Jumlah Defect (batang)	Presentase (%)
SNI	3.501	79	2,26
ASTM A252	5.131	139	2,7
API 5CT	4.520	231	5,11
API 5L	4.860	374	7,7
ASTM A53	7.099	738	10,4

(Sumber: Pengolahan data)

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa pipa yang menghasilkan *defect* tertinggi selama periode Maret-Mei 2016 adalah jenis pipa ASTM A53. Dengan jumlah *defect* sebesar 738 batang dan persentasenya sebesar 10,4% paling besar jika dibandingkan dengan jenis pipa yang lainnya. Dengan demikian, proyek peningkatan *six sigma* akan terfokus pada pipa baja standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM) A53 dengan size 24 inch x 6,35 mm x 6,0 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 di bawah ini.

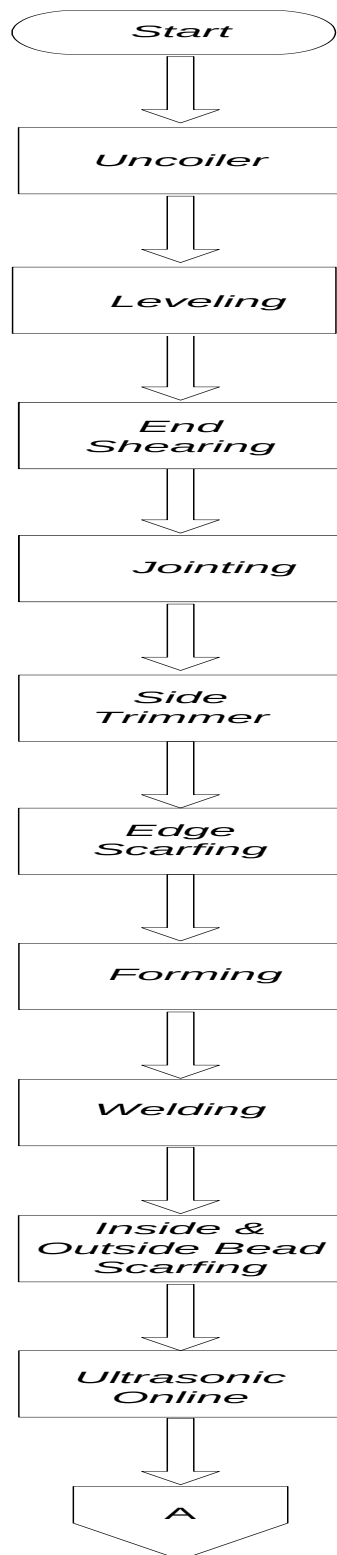


Gambar 4.3. Pipa Baja Standar ASTM A53 di *Plant* KT 24 PT BIP

Sumber : (PT Bakrie Pipe Industries)

2. Diagram alir proses

Diagram alir proses adalah diagram yang menggambarkan proses secara keseluruhan dimulai dari material datang sampai kepada bagian akhir proses produksi yaitu *storage*. Diagram ini dibuat berdasarkan standar operasi PT Bakrie Pipe Industries. Di bawah ini merupakan tahapan proses produksi pipa baja ASTM A53 di *plant* KT 24.

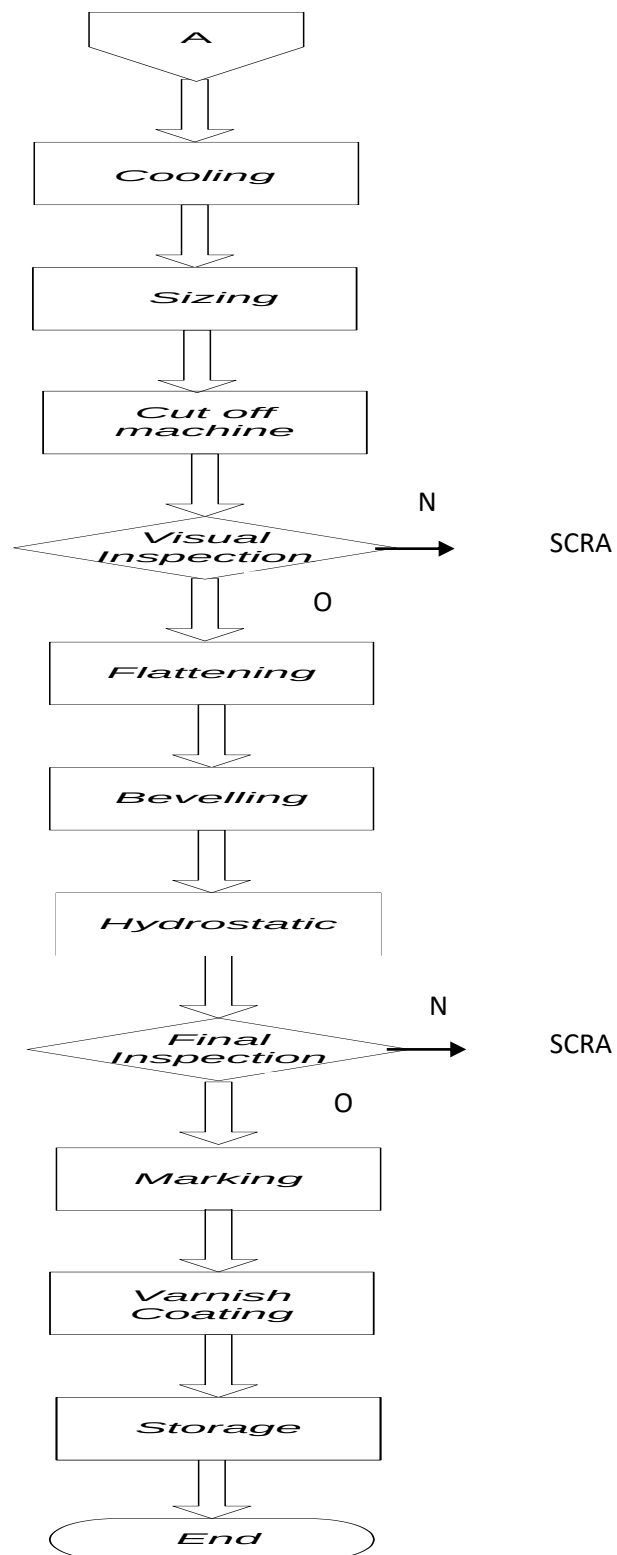


Gambar 4.4. *Flow Chart* Proses Produksi Pipa ASTM A53

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Lanjutan...

Lanjutan...



Gambar 4.4. *Flow Chart* Proses Produksi Pipa ASTM A53

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berikut merupakan deskripsi proses dari *flow chart* di atas:

1. *Uncoiler*

Berfungsi untuk membuka plat baja yang utuh (dengan bobot maksimal 30 ton) agar strip (lembaran plat baja) dapat masuk ke mesin untuk diproses.

2. *Leveling*

Berfungsi untuk meratakan lembaran plat baja dan untuk menghilangkan gelombang pada lembaran plat baja menggunakan *leveler* sehingga lembaran plat baja menjadi rata.

3. *End Shearing* (pemotongan lidah plat baja)

Bertujuan untuk mendapatkan ujung lembaran plat baja yang rata dan tegak lurus agar didapat proses penyambungan yang baik.

4. *Jointing* (Penyambungan)

Prosedur ini menetapkan cara untuk menyambung antara ujung lembaran plat baja yang satu dengan lembaran plat baja berikutnya dengan cara pengelasan sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan untuk mendapatkan sambungan antara lembaran plat baja yang baik untuk proses selanjutnya. Pada proses penyambungan ini, pengelasan dilakukan menggunakan gas sebagai pelindung yang disemburkan melalui nosel (senyawa kimia yg terdiri atas lignin dan selulosa). Gas yang digunakan adalah campuran CO₂ dan Argon.

5. *Side Trimmer* (pemotongan bagian sisi)

Prosedur ini menetapkan cara untuk memotong bagian sisi kanan dan kiri strip sesuai dengan lebar yang telah ditentukan.

6. *Edge Scrafing* (penghalusan bagian sisi)

Prosedur ini menetapkan cara untuk menghaluskan dan meratakan bagian strip setelah melalui proses *side trimmer* untuk mendapatkan permukaan yang halus dan bersih agar pada proses pengelasan (*welding*) diperoleh kualitas pengelasan yang baik.

7. *Forming* (pembentukan)

Prosedur ini menetapkan cara untuk memperoleh *skelp* menjadi pipa dengan mengatur rol-rol pembentuk sesuai ketentuan. Atau dengan kata

lain sebagai cara dalam membentuk lembaran plat baja agar plat baja tersebut membentuk sebuah pipa.

8. *Welding* (pengelasan)

Prosedur ini menetapkan cara untuk pengelasan pipa tanpa bahan tambahan (*filler metal*) dengan mesin *High Frequency Welding* (HFW) sehingga memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

9. *Inside dan Outside Bead Scarfing* (penyerutan kampuh las bagian dalam dan luar)

Prosedur ini menetapkan cara untuk penyerutan kampuh las bagian dalam dan luar pipa sesuai apa yang telah ditentukan.

10. *Ultrasonic On-Line*

Prosedur ini menetapkan persyaratan-persyaratan dari pengujian *ultrasonic* untuk memeriksa apakah terjadi cacat.

11. *Cooling*

Prosedur ini menetapkan persyaratan untuk mendinginkan bagian sambungan las (*seam*) dengan menggunakan pendingin udara (setelah pengelasan suhu pipa berkisar antara 700°-900° C) kemudian didinginkan menggunakan air (setelah suhu di bawah 400° C).

12. *Sizing*

Prosedur ini menetapkan persyaratan produksi pipa dengan membulatkan dan meluruskan pipa sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan mempergunakan rol-rol *sizing*.

13. *Cut Off Machine* (pemotongan pipa dari mesin)

Prosedur ini menetapkan cara pemotongan pipa sesuai dengan panjang yang ditentukan.

14. *Visual Inspection*

Prosedur ini menetapkan cara untuk memeriksa kerapian pengerjaan secara visual dengan persyaratan toleransi yang diperkenalkan oleh setiap spesifikasi. Jika terdapat pipa yang cacat, maka akan didata dan segera dipisahkan dari produk pipa yang bagus.

15. *Flattening*

Prosedur ini menetapkan cara untuk menguji ketahanan pipa menggunakan mesin uji tekan (*flattening*).

16. *Bevelling*

Prosedur ini menetapkan cara pemotongan bagian sisi pipa yang bertujuan untuk merapikan dan menghaluskan hasil pemotongan.

17. *Hydrostatic*

Prosedur ini adalah untuk mengetahui kekuatan pipa terhadap tekanan air. Caranya adalah dengan air dimasukkan ke dalam sebuah pipa.

18. *Final Inspection*

Prosedur ini menetapkan pemeriksaan akhir pada setiap pipa baja yang menentukan pipa tersebut layak untuk dipasarkan. Semua pengecekan dilakukan, dimulai dari dimensi, ketebalan, hingga visual.

19. *Marking*

Prosedur ini menetapkan pemberian merek pada setiap pipa. Pemberian merek dilakukan sesuai dengan jenis atau standar pipa yang diproduksi.

20. *Varnish Coating*

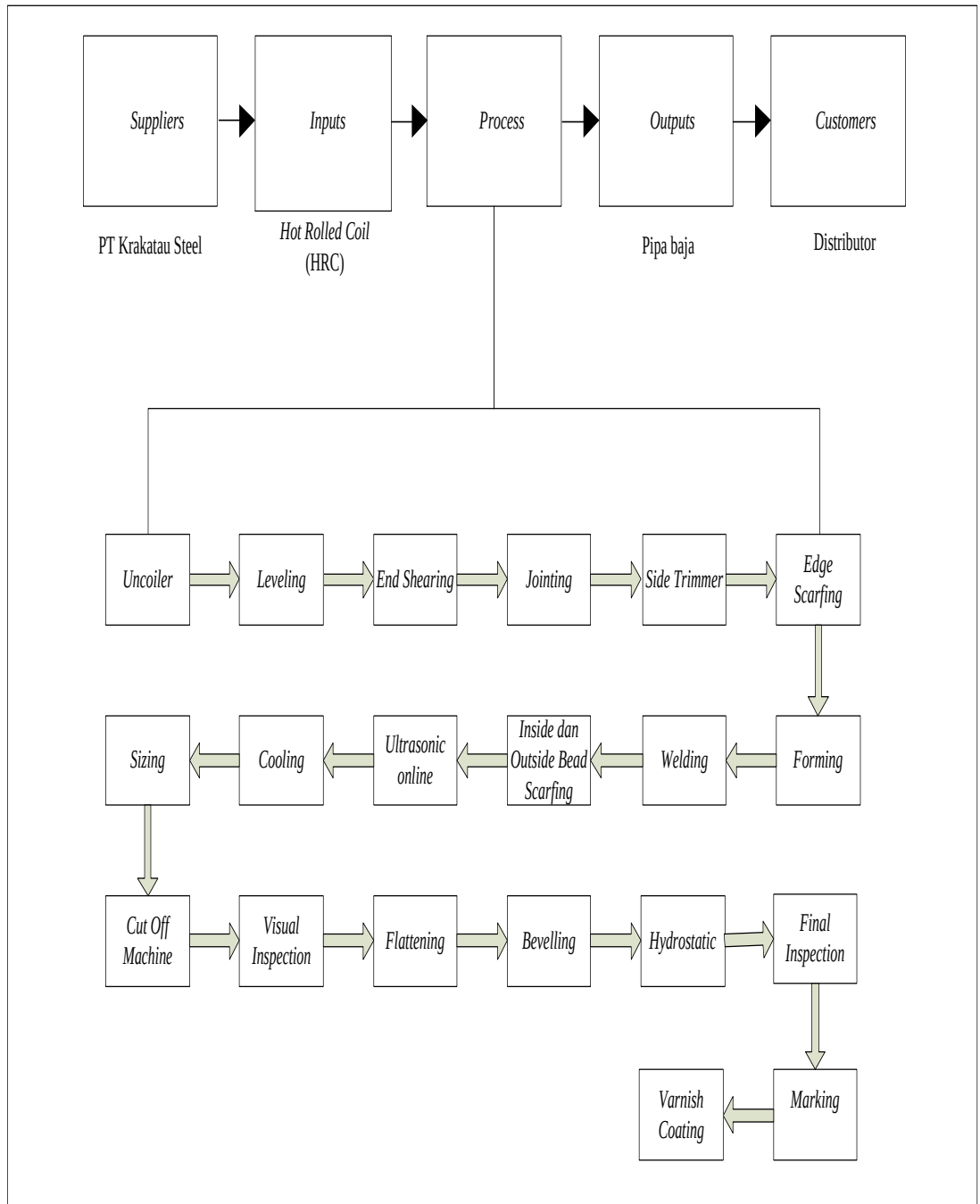
Prosedur ini menetapkan cara untuk pelapisan pipa baja menggunakan *varnish coating*.

21. *Storage*

Prosedur ini menetapkan cara untuk penyimpanan pipa baja yang sudah siap dipasarkan ataupun dikirim kepada pelanggan.

3. Diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*)

Diagram SIPOC adalah alat yang berguna dalam peningkatan proses untuk mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan dalam proyek peningkatan kualitas. *Diagram SIPOC digunakan oleh tim untuk mengidentifikasi semua elemen yang relevan dari sebuah proyek perbaikan proses sebelum pekerjaan dimulai untuk membantu mendefinisikan sebuah proyek yang kompleks dan biasanya digunakan pada tahap ukur dari six sigma. Di bawah ini merupakan diagram SIPOC pipa baja ASTM A53 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.*



Gambar 4.5. Diagram SIPOC Pipa Baja ASTM A53

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan diagram di atas, di bawah ini merupakan Tabel 4.5 yang di dalam isinya berupa rincian mengenai SIPOC dari pipa baja dengan standar ASTM A53.

Tabel 4.5. Rincian Diagram SIPOC Pipa Baja ASTM A53

<i>Supplier</i>	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customer</i>
<i>PT Krakatau Steel</i>	<i>Hot Rolled Coil (HRC)</i>	<i>Incoming process</i>	<i>HRC</i>	<i>Coil storage</i>
<i>Coil Storage</i>	<i>Hot Rolled Coil (HRC)</i>	<i>Inspeksi HRC</i>	<i>HRC yang sudah diinspeksi dengan kualitasnya</i>	<i>Produksi (Uncoiler)</i>
<i>Produksi (Uncoiler)</i>	<i>HRC sesuai dengan Order Production (OP)</i>	<i>Membuka lapisan HRC menjadi plat (uncoiler)</i>	<i>HRC plat</i>	<i>Produksi (Leveling)</i>
<i>Produksi (Leveling)</i>	<i>HRC plat</i>	<i>Meratakan lapisan plat coil</i>	<i>Lapisan plat coil yang sudah rata</i>	<i>Produksi (Shearing)</i>
<i>Produksi (Shearing)</i>	<i>Lapisan plat coil yang sudah rata</i>	<i>Meratakan ujung lapisan plat coil</i>	<i>Ujung lapisan plat coil yang sudah rata</i>	<i>Produksi (Jointing)</i>
<i>Produksi (Jointing)</i>	<i>Ujung lapisan plat coil yang sudah rata</i>	<i>Penggabungan antara lapisan plat coil satu dengan lapisan plat coil lainnya</i>	<i>Lapisan plat coil yang sudah tergabung</i>	<i>Produksi (Side Trimming)</i>
<i>Produksi (Side Trimming)</i>	<i>Lapisan plat coil yang sudah tergabung</i>	<i>Pemotongan lapisan plat coil sisi kanan dan kiri</i>	<i>Lapisan plat coil yang sudah terpotong sisi kanan dan kirinya</i>	<i>Produksi (Edge Scarfing)</i>
<i>Produksi (Edge Scarfing)</i>	<i>Lapisan plat coil yang baik</i>	<i>Pembentukan sisi kanan dan kiri lapisan plat coil</i>	<i>Sisi kanan dan kiri lapisan plat coil yang sudah terbentuk</i>	<i>Produksi (Forming)</i>
<i>Produksi (Forming)</i>	<i>Sisi kanan dan kiri lapisan plat coil yang sudah terbentuk</i>	<i>Penekukan lapisan plat coil menjadi lingkaran</i>	<i>Lapisan plat coil sudah berbentuk pipa</i>	<i>Produksi (Welding)</i>

Lanjutan...

Lanjutan...

<i>Supplier</i>	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customer</i>
<i>Produksi (Welding)</i>	<i>Lapisan plat coil berbentuk pipa</i>	<i>Pengelasan antara kedua sisi lapisan coil</i>	<i>Lapisan coil yang sudah dilas berbentuk pipa</i>	<i>Produksi (Inside & Outside Bead Scarfing)</i>
<i>Produksi (Inside & Outside Bead Scarfing)</i>	<i>Lapisan coil yang sudah dilas berbentuk pipa</i>	<i>Penyerutan hasil pengelasan pada bagian dalam dan luar pipa</i>	<i>Pipa yang sudah diserut pada bagian dilas</i>	<i>Produksi (Ultrasonic On-line)</i>
<i>Produksi (Ultrasonic On-line)</i>	<i>Pipa yang sudah diserut pada bagian dilas</i>	<i>Inspeksi pipa untuk melihat apakah terjadi cacat</i>	<i>Pipa dengan hasil yang baik</i>	<i>Produksi (Cooling)</i>
<i>Produksi (Cooling)</i>	<i>Suhu pipa yang sudah turun</i>	<i>Pendinginan udara dengan bantuan air</i>	<i>Pipa dengan suhu yang rendah</i>	<i>Produksi (Sizing)</i>
<i>Produksi (Sizing)</i>	<i>Pipa dengan suhu yang rendah</i>	<i>Pembentukan ukuran pipa dengan size 24inch</i>	<i>Ukuran pipa berukuran 24inch</i>	<i>Produksi (Cut Off)</i>
<i>Produksi (Cut Off)</i>	<i>Ukuran pipa berukuran 24inch</i>	<i>Pemotongan pipa sesuai dengan panjang yang telah ditentukan</i>	<i>Pipa dengan panjang yang telah tentukan</i>	<i>Pemeriksaan (Visual Inspection)</i>
<i>Pemeriksaan (Visual Inspection)</i>	<i>Pipa dengan panjang yang telah tentukan</i>	<i>Pemeriksaan pipa secara visual</i>	<i>Pipa dengan hasil yang sesuai spesifikasi</i>	<i>Produksi (Flattening Test)</i>
<i>Produksi (Flattening Test)</i>	<i>Dimensi dan visual pipa sesuai dengan spesifikasi</i>	<i>Pengujian pipa dengan ketahanan yang ditentukan</i>	<i>Sesuai dengan spesifikasi flattening pipa 24 inch</i>	<i>Produksi (Bevelling)</i>

Lanjutan...

Lanjutan...

<i>Supplier</i>	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customer</i>
Produksi (<i>Bevelling</i>)	Sesuai dengan spesifikasi <i>flattening</i> pipa 24 inch	Merapikan dan menghaluskan pipa yang telah dipotong	Pipa yang dipotong telah rapi dan halus	Produksi (<i>Hydrostatic</i>)
Produksi (<i>Hydrostatic</i>)	Pipa yang dipotong telah rapi dan halus	Pengujian kekuatan pipa terhadap tekanan air	Sesuai dengan spesifikasi <i>hydrostatic</i> pipa 24 inch	Pemeriksaan (<i>Final Inspection</i>)
Pemeriksaan (<i>Final Inspection</i>)	Pipa sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan	Pemeriksaan keseluruhan akhir pipa	Pipa dengan kualitas yang sesuai dengan ketentuan	Produksi (<i>Marking</i>)
Produksi (<i>Marking</i>)	Pipa dengan kualitas yang sesuai dengan ketentuan	Penamaan dan pelabelan pada masing-masing pipa	Pipa sudah diberikan label	Produksi (<i>Varnish Coating</i>)
Produksi (<i>Varnish Coating</i>)	Pipa sudah diberikan label	Pemberian pelapisan pada pipa	Pipa sudah diberikan pelapis	Gudang barang jadi (<i>Storage</i>)
Gudang barang jadi (<i>Storage</i>)	Pipa sudah diberikan pelapis	Pengambilan dari <i>storage</i>	Pipa yang diambil sesuai dengan pesanan konsumen	<i>Costumer</i>

(Sumber: Pengolahan data)

4.2.2 Tahap *Measure*

Measure merupakan tahap kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini aktivitas yang dilakukan adalah :

1. Mengidentifikasi *Critical To Quality* (CTQ)

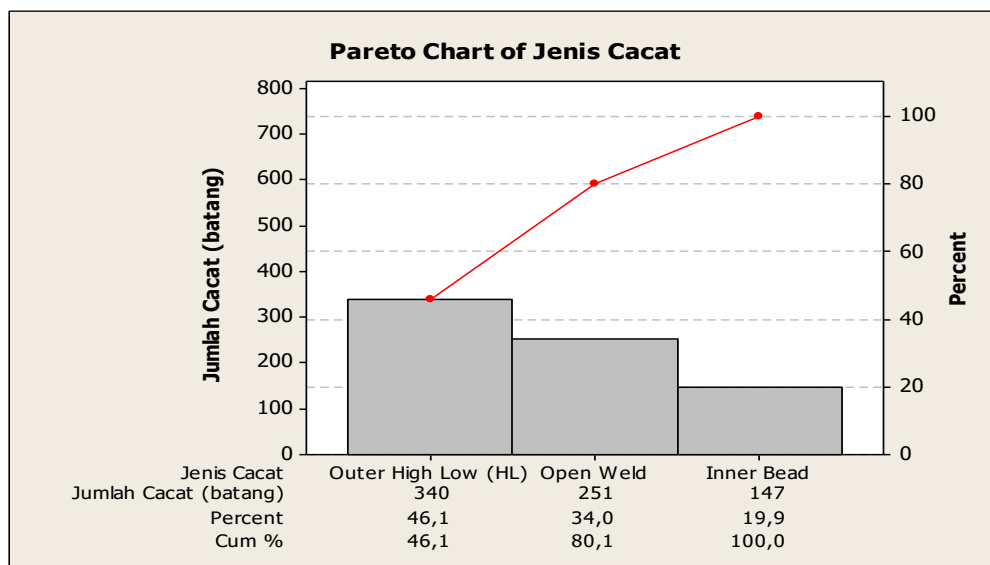
Penentuan CTQ (*critical to control*) ditetapkan berdasarkan kebutuhan spesifik dari pelanggan. Dimana kebutuhan spesifik ini berdasarkan persyaratan *output* yaitu harus bebas dari *defect*. Pada tahap *define*, penelitian difokuskan pada pipa baja ASTM A53. Pemilihan CTQ ini berdasarkan jenis *defect* terbesar yang diketahui mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas produk. Terdapat jenis karakteristik *defect* yang ditemukan pada proses pembuatan pipa, dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan analisis pareto jenis *defect* pada pipa ASTM A53 dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4.6. Perhitungan Persentase Jumlah *Defect* Pipa Baja ASTM A53

Jenis Cacat	Jumlah Cacat (batang)	Presentase (%)	Kumulatif (%)
<i>Outer High Low (HL)</i>	340	46,1	46,1
<i>Open Weld</i>	251	34,0	80,1
<i>Inner Bead</i>	147	19,9	100
Total (batang)	738		

(Sumber: Pengolahan data)

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat dibuat diagram pareto dari setiap *defect* yang ada pada pipa ASTM A53 dengan menggunakan *software* minitab.



Gambar 4.6. Diagram Pareto Pemilihan *Critical to Quality* (CTQ)

(Sumber: Pengolahan data)

Menurut diagram pareto pada Gambar 4.6, dapat diketahui bahwa cacat paling besar yang terdapat pada pipa baja ASTM A53 adalah *outer high low* (HL) dan *open weld*. Dengan demikian, maka CTQ potensial yang ditetapkan pada proyek Six Sigma ini adalah *outer HL* dan *open weld*, karena berdasarkan hukum pareto 80/20.

1. Peta Kendali

Peta kendali bertujuan untuk melihat apakah proses yang berjalan telah berada dalam batas pengendalian statistik. Oleh sebab itu, peta kendali yang sesuai untuk digunakan pada penelitian ini adalah peta kendali untuk data atribut, yaitu peta kendali P.

a. Perhitungan Peta Kendali P

Di bawah ini merupakan cara penghitungan untuk menentukan batas-batas dalam peta kendali P.

Diketahui:

- a) Dalam bulan Maret-Mei 2016, total jumlah pipa yang diproduksi dan diinspeksi sebanyak 7.099 batang.
- b) Dalam bulan Maret-Mei 2016, total jumlah yang ditolak sebanyak 591 batang.

Berikut merupakan perhitungan nilai proporsi cacat serta batas kendali atas dan bawah pada periode Maret-Mei 2016.

1) Mengitung rata-rata proporsi *defect* ($\bar{p}$) atau *center line* (CL)

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{591}{7.099}$$

$$\bar{p} = 0,08325$$

2) Mengitung proporsi *defect* (p)

$$p_1 = \frac{np}{n} = \frac{3}{35}$$

$$p_1 = 0,08571$$

3) Mengitung batas kendali atas (BKA) atau *Upper Control Limit* (UCL)

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{35}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,14009$$

$$UCL = 0,22334$$

4) Mengitung batas kendali bawah (BKB) atau *Lower Control Limit* (LCL)

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{35}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,14009$$

$$LCL = -0,05684$$

Hasil perhitungan peta kendali per hari ditunjukkan pada Tabel 4.7, dimana diketahui masing-masing nilai proporsi *defect* (*p*), *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL).

Tabel 4.7. Perhitungan Batas Kendali Peta P dengan *Microsoft Excel*.

No.	Hari Pengam atan	Jumlah Prod uksi (bat ang)	Jumlah Cac at (bat ang)	Proporsi Cac at (p)	CL	UCL	LCL
-----	------------------------	--	-------------------------------------	------------------------------	----	-----	-----

1	29-Mar-16	35	3	0,08571	0,08325	0,22334	- 0,0 568 4
2	30-Mar-16	54	6	0,11111	0,08325	0,19603	- 0,0 295 3
3	31-Mar-16	71	4	0,05634	0,08325	0,18161	- 0,0 151 1
4	01-Apr-16	266	46	0,17293	0,08325	0,13407	0,03243
5	04-Apr-16	358	26	0,07263	0,08325	0,12705	0,03945
6	05-Apr-16	321	32	0,09969	0,08325	0,12951	0,03699
7	06-Apr-16	330	16	0,04848	0,08325	0,12887	0,03763
8	07-Apr-16	391	22	0,05627	0,08325	0,12516	0,04134
9	08-Apr-16	248	13	0,05242	0,08325	0,13588	0,03062

Lanjutan...

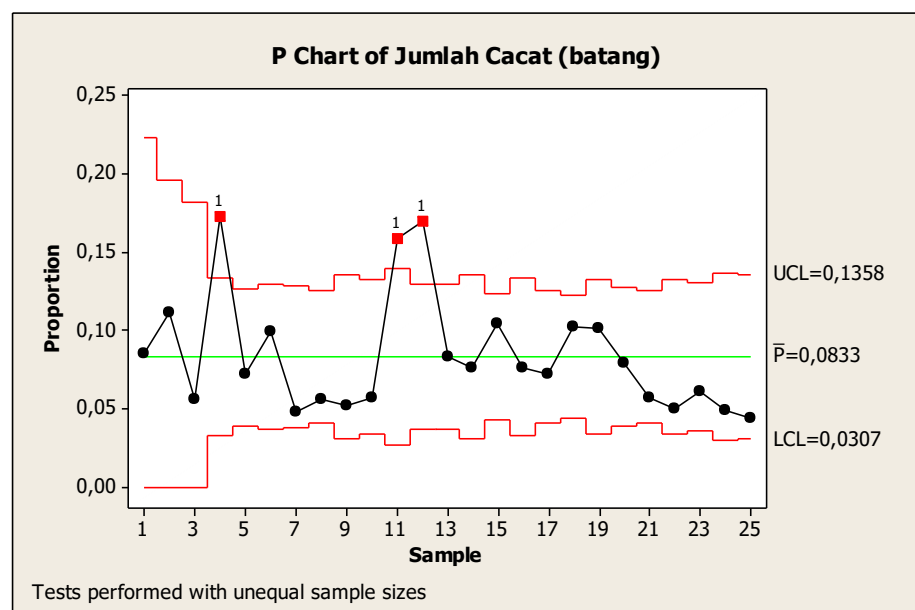
Lanjutan...

No.	Hari Pengam atan	Jumlah Prod uksi (bat ang)	Jumlah Cac at (bat ang)	Proporsi Cac at (p)	CL	UCL
10	11-Apr-16	282	16	0,05674	0,08325	0,13260
11	12-Apr-16	214	34	0,15888	0,08325	0,13990

12	13-Apr-16	318	54	0,16981	0,08325	0,12973
13	14-Apr-16	326	27	0,08282	0,08325	0,12915
14	15-Apr-16	249	19	0,07631	0,08325	0,13577
15	18-Apr-16	422	44	0,10427	0,08325	0,12359
16	19-Apr-16	276	21	0,07609	0,08325	0,13314
17	20-Apr-16	386	28	0,07254	0,08325	0,12543
18	21-Apr-16	450	46	0,10222	0,08325	0,12232
19	22-Apr-16	277	28	0,10108	0,08325	0,13305
20	25-Apr-16	355	28	0,07887	0,08325	0,12724
21	26-Apr-16	384	22	0,05729	0,08325	0,12554
22	27-Apr-16	281	14	0,04982	0,08325	0,13269
23	28-Apr-16	312	19	0,06090	0,08325	0,13017
24	29-Apr-16	244	12	0,04918	0,08325	0,13631
25	02-Mei-16	249	11	0,04418	0,08325	0,13577
Total (batang)		7.099	591			

(Sumber: Pengolahan data)

Dari Tabel 4.7 dapat dibuat peta kendali p untuk jumlah *defect* pipa baja ASTM A53 PT Bakrie Pipe Industries dengan menggunakan minitab.



Gambar 4.7. Peta P Sebelum Revisi

(Sumber: Pengolahan data)

Berdasarkan Gambar 4.7 pengamatan dilakukan selama 25 hari. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa semua sampel berada dalam batas kendali, kecuali data ke-4, 11, dan 12. Oleh sebab itu, data tersebut harus direvisi, dengan cara menghilangkan data yang keluar dari batas kendali. Dari peta kendali tersebut juga tampak bahwa garis pusat sebesar 0,0833, UCL sebesar 0,1358 dan LCL sebesar 0,0307.

Revisi I peta kendali P :

Diketahui:

- a) Dalam bulan Maret-Mei 2016, total jumlah pipa yang diproduksi dan diinspeksi sebanyak 6.301 batang.
- b) Dalam bulan Maret-Mei 2016, total jumlah yang ditolak sebanyak 457 batang.

Berikut merupakan perhitungan nilai proporsi cacat serta batas kendali atas dan bawah pada periode Maret-Mei 2016.

- 1) Mengitung rata-rata proporsi *defect* ($\bar{p}$) atau *center line* (CL)

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{457}{6.301}$$

$$\bar{p} = 0,072528$$

- 2) Mengitung proporsi *defect* (p)

$$p_1 = \frac{np}{n} = \frac{3}{35}$$

$$p_1 = 0,08571$$

- 3) Mengitung batas kendali atas (BKA) atau *Upper Control Limit* (UCL)

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

$$UCL = 0,072528 + 3 \sqrt{\frac{0,072528 (1 - 0,072528)}{35}}$$

$$UCL = 0,072528 + 0,13152$$

$$UCL = 0,204048$$

4) Mengitung batas kendali bawah (BKB) atau *Lower Control Limit* (LCL)

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

$$LCL = 0,072528 - 3 \sqrt{\frac{0,072528 (1 - 0,072528)}{35}}$$

$$LCL = 0,072528 - 0,13152$$

$$LCL = -0,05899$$

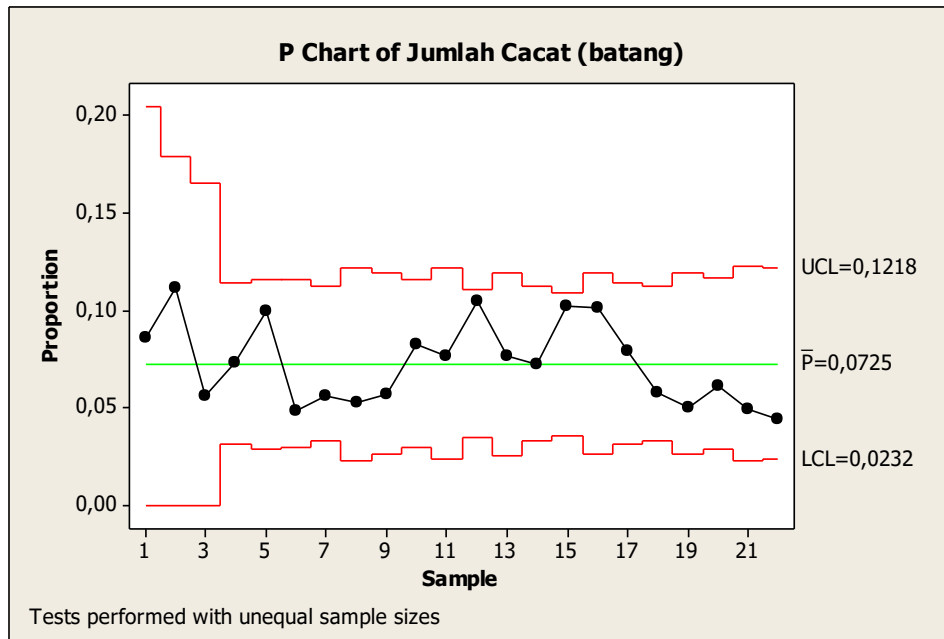
Tabel 4.8 Revisi Perhitungan Batas Kendali Peta P dengan *Microsoft Excel*.

No.	Hari Pengamatan	Jumlah Produksi (batang)	Jumlah Cacat (batang)	Proporsi Cacat (p)	CL	UCL	LCL
1	29-Mar-16	35	3	0,085714	0,072528	0,204048	-0,05899
2	30-Mar-16	54	6	0,111111	0,072528	0,178411	-0,03336
3	31-Mar-16	71	4	0,056338	0,072528	0,164869	-0,01981
4	04-Apr-16	358	26	0,072626	0,072528	0,113651	0,031405
5	05-Apr-16	321	32	0,099688	0,072528	0,115956	0,0291
6	06-Apr-16	330	16	0,048485	0,072528	0,11536	0,029696
7	08-Apr-16	391	22	0,056266	0,072528	0,111877	0,033179
8	11-Apr-16	248	13	0,052419	0,072528	0,121936	0,02312
9	12-Apr-16	282	16	0,056738	0,072528	0,118862	0,026194
10	14-Apr-16	326	27	0,082822	0,072528	0,115622	0,029434
11	15-Apr-16	249	19	0,076305	0,072528	0,121837	0,023219
12	18-Apr-16	422	44	0,104265	0,072528	0,110404	0,034652

13	19-Apr-16	276	21	0,076087	0,072528	0,119363	0,025693
14	20-Apr-16	386	28	0,072539	0,072528	0,112131	0,032925
15	21-Apr-16	450	46	0,102222	0,072528	0,109207	0,035849
16	22-Apr-16	277	28	0,101083	0,072528	0,119278	0,025778
17	25-Apr-16	355	28	0,078873	0,072528	0,113824	0,031232
18	26-Apr-16	384	22	0,057292	0,072528	0,112234	0,032822
19	27-Apr-16	281	14	0,049822	0,072528	0,118944	0,026112
20	28-Apr-16	312	19	0,060897	0,072528	0,116578	0,028478
21	29-Apr-16	244	12	0,04918	0,072528	0,122339	0,022717
22	02-Mei-16	249	11	0,044177	0,072528	0,121837	0,023219
Total (batang)		6.301	457				

(Sumber: Pengolahan data)

Dari Tabel 4.8 dapat dibuat peta kendali p untuk jumlah *defect* pipa baja ASTM A53 di PT Bakrie Pipe Industries yang dilihat pada Gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.8. Peta P Sesudah Revisi
(Sumber: Pengolahan data)

Berdasarkan Gambar 4.8 sampel yang digunakan adalah sebanyak 22 hari. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa semua sampel berada dalam batas kendali. Dari peta kendali tersebut juga tampak bahwa garis pusat sebesar 0,0725, UCL sebesar 0,1218 dan LCL sebesar 0,0232.

2. Pengukuran *Baseline* Kinerja

Pengukuran *baseline* kinerja merupakan perhitungan besarnya nilai *sigma* produk yang dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus perhitungan *sigma* yang sudah baku, dan juga dengan menggunakan tabel nilai *sigma* yang tersedia. Hasil pengukuran berupa data atribut yang akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defects per Million Opportunities*). Level *sigma* merupakan hasil konversi dari nilai DPMO ke dalam tabel *sigma*.

a. Perhitungan DPMO

1) *Unit* (U)

Jumlah batang pipa yang diperiksa pada periode Maret-Mei 2016 sebanyak 7.099 batang.

2) *Opportunities* (OP)

Berdasarkan persyaratan karakteristik kebutuhan pelanggan, maka dapat diketahui terdapat dua jenis *defect* atau CTQ potensial yaitu, *outer HL* dan *open weld*. Hal tersebut berarti merupakan sebuah kesempatan terjadinya *defect* pada setiap unit produk yang dihasilkan.

3) *Defect* (D)

Jumlah *defect* periode bulan Maret-Mei 2016 sebesar 591 batang.

4) *Defect per Unit*

$$\begin{aligned} DPU &= \frac{D}{U} \\ &= \frac{591}{7.099} \\ &= 0,08325 \end{aligned}$$

5) *Total Opportunities* (TOP)

$$\begin{aligned} TOP &= U \times OP \\ &= 7.099 \times 2 \\ &= 14.198 \end{aligned}$$

6) *Defect per Opportunities* (DPO)

$$\begin{aligned} DPO &= \frac{D}{TOP} \\ DPO &= \frac{591}{14.198} \\ &= 0,04162 \end{aligned}$$

7) *Defect per Million opportunities* (DPMO)

$$\begin{aligned} DPMO &= DPO \times 10^6 \\ &= 0,04162 \times 1.000.000 \\ &= 41.620 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa jumlah *defect* per satu juta kesempatan (DPMO) adalah 41.620 batang.

b. Nilai *Sigma*

Setelah diketahui DPMO perusahaan, selanjutnya adalah menghitung level *Sigma* perusahaan saat ini. Level *sigma* didapat dengan mengkonversikan nilai DPMO perusahaan ke dalam tabel level *sigma* yang ada di lampiran. Berikut perhitungan level *sigma*-nya.

$$x = \frac{41.815 - 41.620}{41.620 - 40.929} = \frac{3,23 - x}{x - 3,24}$$

$$x = \frac{195}{691} = \frac{3,23 - x}{x - 3,24}$$

$$195(x - 3,24) = 691(3,23 - x)$$

$$195x - 631,8 = 2.231,93 - 691x$$

$$195x + 691x = 2.231,93 + 631,8$$

$$886x = 2.863,73$$

$$x = 3,232$$

Berdasarkan perhitungan di atas, level *sigma* yang diperoleh perusahaan saat ini untuk pipa baja jenis ASTM A53 berada pada level 3,232.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tahap *Analyze*

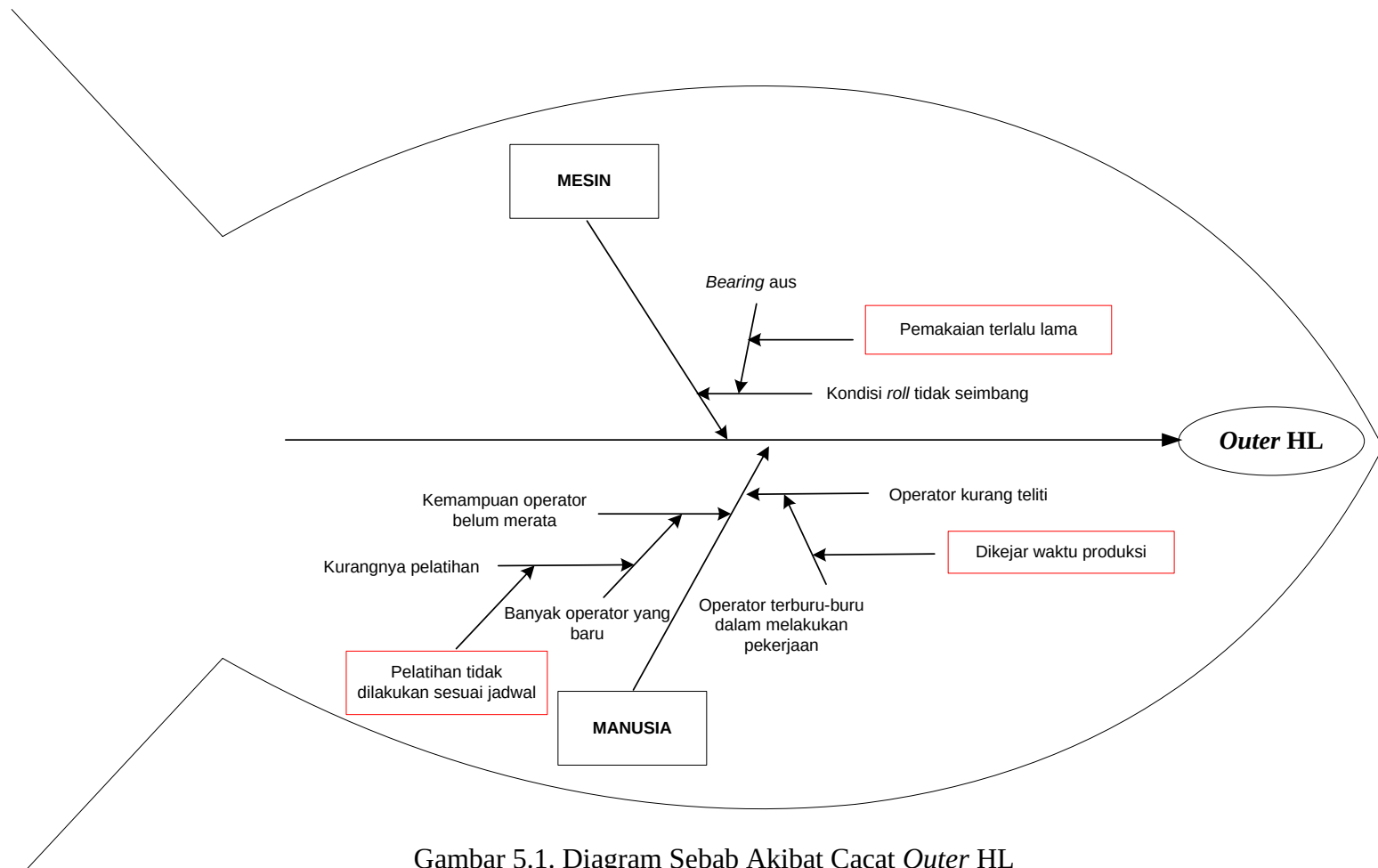
Tahap *analyze* merupakan tahap operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas six sigma. Berdasarkan nilai sigma pada proses pembuatan pipa ASTM A53 yang ada di dalam bab IV sebelumnya, saat ini diperoleh nilai sigma sebesar 3,232. Nilai sigma tersebut menunjukkan bahwa tingkat kualitasnya masih jauh dari enam sigma. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan lagi agar mencapai tingkat kualitas 3,4 DPMO. Hal ini karena semakin tinggi target sigma yang dicapai, maka kinerja dari suatu industri akan semakin baik. Dengan demikian, perlu dianalisa lebih lanjut akar permasalahan dari kedua CTQ yang telah ditentukan pada tahap *measure*, yang menyebabkan tingginya produk cacat sehingga prosesnya hanya berada pada level 3 sigma saja.

Tools yang digunakan untuk menganalisis penyebab dari *defect* yang dihasilkan adalah dengan diagram tulang ikan (*fishbone* diagram) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil akhir yang ingin diperoleh, yaitu informasi atau pernyataan mengenai akar penyebab terjadinya *defect* tertinggi yang selanjutnya akan diperbaiki.

5.1.1 Pembuatan Diagram *Fishbone*

Berdasarkan pembuatan diagram pareto penentuan CTQ pada gambar 4.4, diperoleh jenis cacat tertinggi, yaitu *outer HL* dan *open weld*. Karena jenis cacat ini berpengaruh terhadap nilai sigma, maka harus diketahui beberapa prioritas masalahnya. Untuk mengetahui akar penyebab terjadinya cacat pada pipa baja ASTM A53, digunakan diagram *fishbone* terlebih dahulu melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan. Umumnya dalam pembuatan diagram *fishbone*, penyebab dapat dilihat dari lima aspek yaitu manusia, mesin, material, metode, mesin, dan lingkungan. Tetapi berdasarkan hasil *brainstorming* terhadap prioritas masalah yang akan

diperbaiki, tidak ditemukan keseluruhan aspek. Berikut ini adalah analisis dan diagram *fishbone* dari kedua cacat tersebut.



Gambar 5.1. Diagram Sebab Akibat Cacat *Outer HL*
(Sumber : Hasil *Brainstorming*)

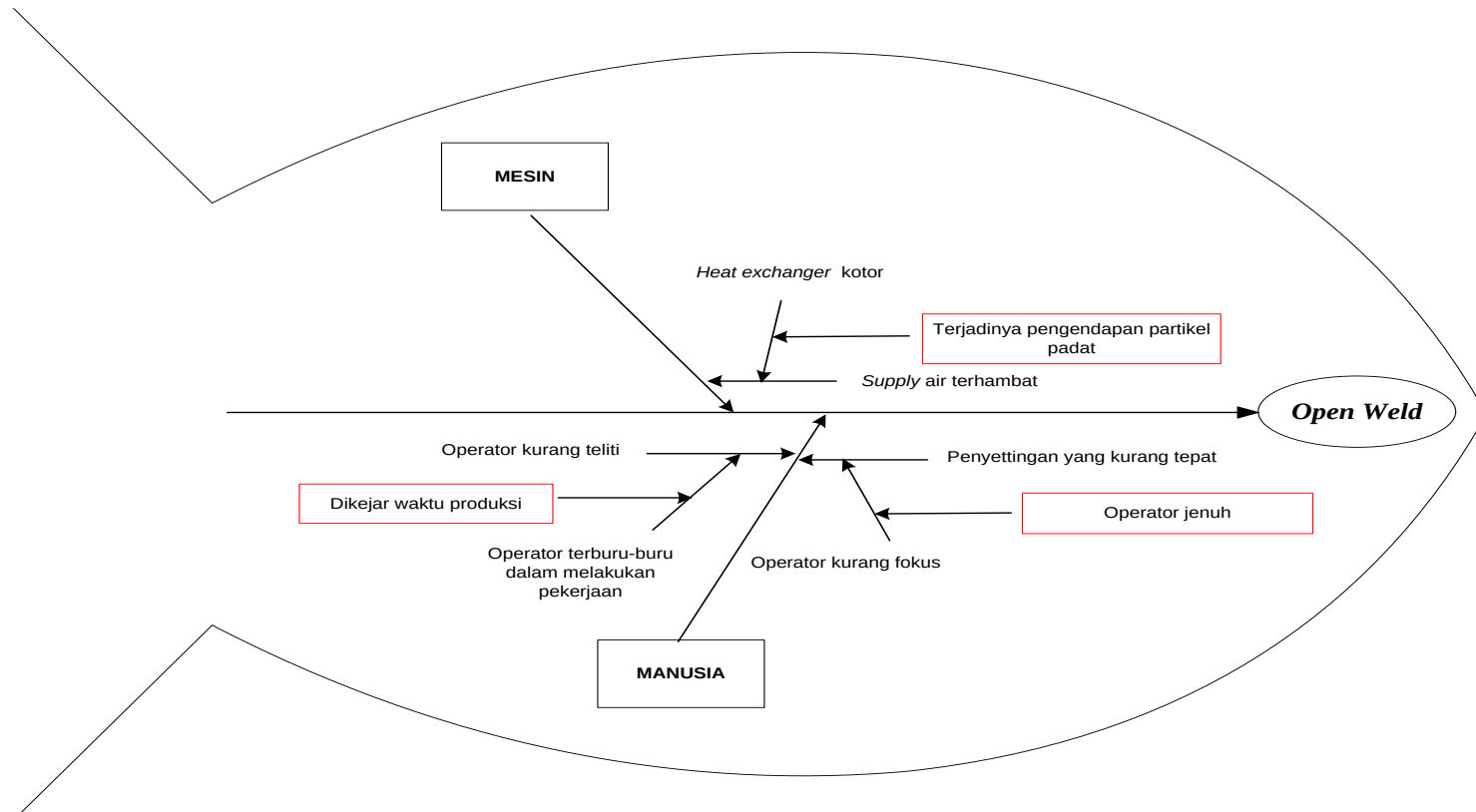
Berdasarkan diagram sebab-akibat pada Gambar 5.1, maka di bawah ini merupakan penjelasan dari penyebab terjadinya cacat *outer HL*.

1. Mesin

Penyebabnya terjadinya cacat *outer high low* adalah karena kondisi *roll-roll* pembentuk pipa yang ada pada mesin *forming* tidak simetris atau antara kanan dan kiri tidak seimbang. Tidak seimbangnya *roll* disebabkan oleh *bearing* yang aus. Dimana fungsi dari *bearing* tersebut ialah untuk menumpu sebuah poros agar berputarnya tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Oleh karena itu, jika *bearing* aus maka akan memengaruhi kerja dari *roll* itu sendiri. Terjadinya *bearing* aus disebabkan karena *bearing* yang ada pada *roll* sudah terlalu lama dipakai. Umur *bearing* sendiri diperkirakan akan habis dalam tiga bulan. Namun, pada kenyataannya pemakaian *bearing* lebih dari tiga bulan, sehingga sudah habis masa pakainya.

2. Manusia

Permasalahan yang muncul saat ini adalah ketika banyaknya operator yang kurang teliti karena mereka tergesa-gesa dalam menyelesaikan suatu pekerjaan, sehingga hasilnya kurang maksimal. Hal ini disebabkan karena dikejar waktu produksi, yang dimana saat ini produksi sedang cukup banyak. Untuk itu, semua operator terburu-buru dalam melakukan pekerjaannya karena mereka ingin cepat selesai dan bisa selesai tepat waktu agar orderan atau permintaan dari konsumen selanjutnya bisa dikerakan sesuai jadwal dan juga bisa selesai tepat waktu juga. Selain itu, kemampuan operator yang belum merata dalam mengoperasikan mesin disebabkan karena banyak operator yang baru masuk bekerja. Mereka kurang begitu paham terhadap cara kerja mesin-mesin. Hal ini disebabkan karena kurangnya pelatihan yang diberikan oleh perusahaan. Pelatihan seharusnya dilaksanakan setiap tiga bulan sekali, tetapi kenyataan pelaksanaannya tidak seperti itu, melainkan bisa dilaksanakan lebih dari setiap tiga bulan sekali.



Gambar 5.2. Diagram Sebab Akibat Cacat *Open Weld*
(Sumber : Hasil *Brainstorming*)

Berdasarkan diagram sebab-akibat pada Gambar 5.2, maka di bawah ini merupakan penjelasan dari penyebab terjadinya cacat *open weld*.

1. Mesin

Cacat *open weld* terjadi karena *supply* air menjadi terhambat. Terhambatnya aliran air karena *heat exchanger* kotor. Penyebab terjadinya adalah karena banyak pengendapan partikel-partikel padat seperti kotoran yang menempel. Kotoran yang menempel antara lain, seperti debu, pasir, dan lain-lain.

2. Manusia

Banyak faktor dalam diri operator yang dapat menyebabkan *performance*-nya tidak stabil yang mengakibatkan terjadinya penyimpangan dalam melakukan pekerjaannya. Beberapa hal banyak terjadi pada operator. Pertama adalah ketika operator melakukan kesalahan saat penyettingan mesin. Mereka melakukannya karena kurang fokus pada saat bekerja. Kurang fokusnya operator disebabkan karena operator yang jenuh saat bekerja. Kedua adalah ketika banyaknya operator yang kurang teliti karena mereka tergesa-gesa dalam menyelesaikan suatu pekerjaan, sehingga hasilnya kurang maksimal. Hal ini disebabkan karena mereka dikejar waktu produksi yang sementara juga jumlah produksi cukup banyak.

5.1.2 Pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Setelah penyebab-penyebab timbulnya cacat teridentifikasi, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis kegagalan yang potensial dan mengevaluasi prioritas risiko untuk nantinya membantu menentukan tindakan yang sesuai pada tahap implementasi. Pada tahap ini dibuat *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada proses *forming* dan *welding*, yang dapat diketahui mode kegagalan, efek kegagalan, dan penyebab kegagalan potensialnya seperti pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1. Penyebab, Modus, dan Efek Kegagalan Cacat *Outer HL* dan *Open Weld*

Proses	Potensial Failure Mode (Mode Kegagalan Potensial)	Potential Failure Effect (Efek Kegagalan Potensial)	Cause of Failure (Penyebab Kegagalan)
Forming	Outer HL	Lembaran plat baja yang tidak sejajar atau tumpang tindih.	emakaian <i>bearing</i> yang lebih dari tiga bulan
			Dikejar waktu produksi
			Pelatihan tidak dilaksanakan sesuai jadwal
Welding	Open Weld	ipa menjadi tidak terlas atau <i>coak</i> .	Operator jenuh saat bekerja
			Dikejar waktu produksi
			Adanya pengendapan partikel-partikel padat

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Pembuatan FMEA akan membantu perencanaan perbaikan kualitas dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang kritis. Untuk menentukan prioritas perbaikan maka perlu menghitung nilai *risk priority number* (RPN) yang didapat dengan menentukan nilai *severity*, *occurance*, dan *detection*. Penentuan nilai *severity*, *occurance* dan *detection* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai *severity*

Nilai *severity* ditentukan setelah mengidentifikasi *effect of failure*. *Severity* sangat penting untuk mengetahui efek potensial dari setiap jenis kegagalan. Penentuan nilai *severity* berdasarkan dari identifikasi efek keagalannya dan kemiripan kriteria dengan efek keagalannya seperti yang diuraikan pada tabel FMEA perusahaan kriteria penilaian *severity*. Adapun penilaian *severity* untuk masing-masing *failure effect* ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Penentuan Skala *Rating Severity*

Proses	Potensial Failure Mode (Mode Kegagalan)	Potential Failure Effect (Efek Kegagalan)	Nilai Severity
--------	---	---	----------------

	Potensial)	Potensial)	
<i>Forming</i>	<i>Outer HL</i>	Lembaran plat baja menjadi tidak sejajar atau tumpang tindih.	6
<i>Welding</i>	<i>Open Weld</i>	Pipa menjadi tidak terlas atau <i>coak</i> .	5

2. Menentukan Nilai Occurance

(Sumber : Hasil Pengolahan

Occurrence adalah ukuran yang menunjukkan seberapa sering penyebab potensial terjadi. Pada FMEA yang dibuat pada sub bab ini, penentuan *occurrence* berdasarkan tingkat kegagalan atau jumlah cacat dibagi jumlah produksi. Adapun nilai *occurrence* untuk setiap jenis cacat berdasarkan tingkat kegagalan ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Perhitungan nilai *occurrence* untuk setiap jenis cacat adalah sebagai berikut:

Outer HL : $340/7.099$ batang = 0,0479, nilai *occurrence* = 8

Open weld : $251/7.099$ batang = 0,0353, nilai *occurrence* = 8

Tabel 5.3. Penentuan Skala *Rating Occurance*

Proses	Potensial Failure Mode (Mode Kegagalan Potensial)	Cause of Failure (Penyebab Kegagalan)	Nilai Occurance
<i>Forming</i>	<i>Outer HL</i>	emakaian <i>bearing</i> yang lebih dari tiga bulan	8
		Dikejar waktu produksi	
		Pelatihan tidak dilaksanakan sesuai jadwal	
<i>Welding</i>	<i>Open Weld</i>	Operator jenuh saat bekerja	
		Dikejar waktu produksi	
		danya pengendapan partikel-partikel padat	

3. Menentukan Nilai Detection

Detection adalah peringkat yang menunjukkan seberapa telitinya alat deteksi

(Sumber : Hasil Pengolahan

yang digunakan. Penentuan nilai *detection* diperoleh dari kemiripan kriteria

yang diuraikan pada tabel FMEA perusahaan pada kriteria penilaian *detection*. Adapun nilai *detection* yang dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Penentuan Nilai *Detection*

Potensial Failure Effect (Efek Kegagalan Potensial)	Cause of Failure (Penyebab Kegagalan)	Kontrol saat ini	Nilai <i>Detection</i>
Lembaran plat baja menjadi tidak sejajar atau tumpang tindih.	Pemakaian <i>bearing</i> yang lebih dari tiga bulan	Pengecekan hanya saat ingin produksi saja	6
	Dikejar waktu produksi	Pengecekan jadwal produksi	4
	Pelatihan tidak dilaksanakan sesuai jadwal	Pelatihan tidak dilakukan setiap tiga bulan sekali	4
Pipa menjadi tidak terlas atau <i>coak</i> .	Operator jenuh saat bekerja	Pengawasan oleh supervisor	4
	Dikejar waktu produksi	Pengecekan jadwal produksi	4
	Adanya pengendapan partikel-partikel padat	Pembersihan hanya saat ingin produksi saja	6

(Sumber: Hasil pengolahan data)

4. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah diketahui nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* untuk setiap *potensial failure mode* selanjutnya menghitung nilai RPN. RPN merupakan angka yang menyatakan skala prioritas terhadap risiko kualitas yang digunakan untuk panduan melakukan rencana perbaikan. Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian dari *severity* x *occurance* x *detection*. Angka RPN berkisar dari 1 sampai 1000. Adapun tabel penilaian RPN untuk kegagalan proses pada proses *forming* ada pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Penentuan Nilai RPN

<i>Potensial Failure Effect (Efek Kegagalan Potensial)</i>	<i>Severity</i>	<i>Cause of Failure (Penyebab Kegagalan)</i>	<i>Occurance</i>	<i>Current Control (Kontrol saat ini)</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Lembaran plat baja menjadi tidak sejajar atau tumpang tindih.	6	Pemakaian <i>bearing</i> yang lebih dari tiga bulan	8	Pengecekan hanya saat ingin produksi saja	6	288
		Dikejar waktu produksi		Pengecekan jadwal produksi	4	192
		Pelatihan tidak dilaksanakan sesuai jadwal		Pelatihan tidak dilakukan setiap tiga bulan sekali	4	192
Pipa menjadi tidak terlas atau <i>coak</i> .	5	Operator jenuh saat bekerja		Pengawasan oleh supervisor	4	160
		Dikejar waktu produksi		Pengecekan jadwal produksi	4	160
		Adanya pengendapan partikel-partikel padat		Pembersihan hanya saat ingin produksi saja	6	240

(Sumber : Hasil Pengolahan

Berdasarkan tabel FMEA di atas, cacat *outer* HL terjadi pada proses *forming* (pembentukan) pipa. Pada proses *forming* yang menyebabkan cacat *outer* HL, efek kegagalan potensialnya adalah kedua bibir pipa menjadi tumpang tindih. Nilai *severity* yang diberikan adalah 6, maksudnya berarti efek tersebut masih dalam batas toleransi, karena konsumen tidak merasakan penurunan kinerja atau penampilan yang buruk dari hasil pipa. Penyebab dari terjadinya cacat *outer* HL adalah karena pemakaian *bearing* yang sudah terlalu lama yaitu lebih dari 3 bulan.

Untuk nilai *occurrence*, nilai yang diberikan adalah 8. Dimana angka 8 menunjukkan bahwa peluang kegagalan tersebut adalah sangat sering terjadi, mengingat pipa yang diproduksi di KT 24 adalah pipa dengan jenis diameter dan ketebalan yang paling besar dibandingkan

dengan yang lainnya. Sementara dengan nilai *detection* diberikan sebesar 6. Hal ini berarti metode deteksi saat ini masih memungkinkan terjadinya penyebab tersebut. Nilai akumulasi RPN yang didapat adalah sebesar 288.

Sedangkan pada cacat *open weld*, terjadinya jenis cacat tersebut ada pada mesin *welding*. Efek kegagalan potensial yang ditimbulkan oleh *open weld*, adalah pipa menjadi tidak terlas atau *coak*. Untuk nilai *severity*-nya ialah 5, dimana angka 5 menyatakan bahwa pipa yang tidak terlas masih masuk dalam kategori wajar. Pengguna akhir pun tidak akan merasakan penurunan kinerja maupun penampilan yang kurang baik dari pipa yang diproduksi.

Selain itu, nilai *occurrence* yang diberikan adalah sebesar 8 juga yang berarti bahwa peluang kegagalan tersebut adalah sangat sering terjadi. Sementara untuk nilai *detection* yang diberikan ialah 6. Maksud dari angka 6 tersebut berarti kemungkinan terjadinya penyebab tersebut masih cukup tinggi dan metode deteksi saat ini masih memungkinkan terjadinya penyebab tersebut. Nilai RPN yang diperoleh sebesar 240, paling tinggi dibandingkan dengan penyebab yang lain. Untuk itu, kedua jenis kegagalan tersebut harus dijadikan prioritas utama untuk dilakukan perbaikan.

5.2 Tahap *Improve*

Fase *improve* atau tahap perbaikan berkaitan dengan penentuan dan perbaikan solusi-solusi berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya pada fase *analyze*. Pada penelitian ini, aktivitas yang dilakukan pada fase *improve* adalah penentuan usulan solusi-solusi atau tindakan-tindakan untuk mengatasi permasalahan. Tahap *improve* ini dilakukan dengan metode 5W+1H. Perbaikan 5W+1H untuk usulan perbaikan pengurangan cacat *outer HL* dan *open weld* adalah sebagai berikut.

Tabel 5.6. Usulan Perbaikan untuk cacat *Outer HL* dan *Open Weld*

Faktor	Masalah apa	What	Why	Where	How	When	Who
		Tujuan utama	Alasan kegunaan	Tempat	Tindakan	Waktu	Penanggung Jawab
Mesin	Pemakaian <i>bearing</i> yang terus menerus dan terlalu lama yang melebihi umur pakainya.	Memastikan agar pemakaian <i>bearing</i> sesuai dengan umur pakainya.	Agar <i>bearing</i> tidak aus sehingga operasi mesin berjalan lancar	Plant KT 24	Pengecekan <i>bearing</i> perlu dilakukan secara berkala yaitu tiga minggu sekali, dan jangan melakukan pengecekan hanya saat ingin produksi saja. Selain itu, penggantian <i>bearing</i> juga harus dilakukan tiga bulan sekali dan jangan sampai penggantian nya hanya dilakukan saat <i>bearing</i> aus saja	November 2016	Supervisor, Foremen dan operator
	Adanya pengendapan partikel padat pada <i>heat exchanger</i>	Melakukan pengecekan terhadap <i>heat exchanger</i> secara berkala.	Agar <i>heat exchanger</i> terhindar dari masuknya partikel-partikel padat	Plant KT 24	Melakukan penyemprotan ke dalam <i>heat exchanger</i> dengan menggunakan air seminggu sekali	November 2016	Foremen dan operator

(Sumber : Hasil Pengolahan

Berdasarkan Tabel 5.6 di atas, berikut merupakan penjelasan dari usulan perbaikan yang akan dilakukan oleh PT Bakrie Pipe Industries.

1. Kondisi roll tidak sama

Penyebab kondisi *roll* yang tidak seimbang adalah karena *bearing* yang aus. Kondisi *roll* baik yang kiri maupun yang kanan harus sama, karena jika berbeda maka akan menyebabkan *outer* HL. Usulan perbaikan yang harus dilakukan adalah *bearing* harus diperiksa tiga minggu sekali. Jangan sampai pengecekan dilakukan saat ingin mulai produksi saja. Sehingga nantinya dapat mudah mengantisipasi kapan *bearing* perlu diganti. Selain itu, penggantian *bearing* harus dilakukan tiga bulan sekali. Jangan sampai penggantian *bearing* hanya dilakukan saat *bearing* sudah aus saja, Usulan perbaikan tersebut akan dilakukan sekitar bulan November 2016 dan penanggung jawabnya adalah Supervisor, *Foremen*, dan operator *plant* KT 24.

2. *Heat exchanger* kotor

Penyebab terjadinya *heat exchanger* yang kotor adalah dikarenakan adanya pengendapan partikel-partikel padat. Usulan perbaikan yang harus dilakukan adalah dengan memberikan semprotan air terhadap *heat exchanger* minimal setiap hari dan maksimal seminggu sekali. Selama ini, pembersihan sangat jarang sekali, karena biasanya pembersihan juga hanya dilakukan menjelang produksi saja. Usulan perbaikan tersebut akan dilakukan mulai bulan November 2016 dengan penanggung jawabnya ialah *Foremen* dan operator *plant* KT 24.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, diolah dan dianalisis pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Jenis-jenis cacat yang ada pada pipa baja ASTM A53 adalah *outer HL*, *open weld*, dan *inner bead*. Namun, berdasarkan diagram pareto, kedua cacat yang akan dianalisis untuk dilakukan perbaikan adalah jenis cacat *outer HL* dan *open weld*.
2. Hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh nilai sigma untuk pipa baja ASTM A53 saat ini adalah 3,232 dengan DPMO sebesar 41.620 batang.
3. Berdasarkan hasil analisis dari diagram *fishbone* telah diperoleh penyebab-penyebab yang mempengaruhi munculnya kedua jenis cacat tersebut. Jenis cacat *outer HL* disebabkan karena pertama, keadaan atau kondisi *roll* yang tidak seimbang antara kanan dan kiri. Kedua, karena kemampuan operator yang belum merata dan terakhir adalah kurangnya tingkat ketelitian operator. Sedangkan, untuk cacat *open weld* disebabkan karena pertama, *supply* air terhambat karena kotoranya *heat exchanger*. Kedua, juga kurang telitinya operator dan terakhir adalah kesalahan dalam melakukan penyettingan mesin.
4. Dari hasil analisis FMEA, dapat ditentukan usulan perbaikan mana yang akan menjadi prioritas. Untuk cacat *outer HL* diperoleh nilai RPN paling tinggi sebesar 288. Nilai tersebut terdapat pada salah satu penyebab yang paling krusial ialah karena kondisi *roll* yang tidak seimbang yang juga disebabkan karena pemakaian *bearing* yang terlalu lama yaitu lebih dari tiga bulan. Dengan demikian, usulan perbaikan yang diberikan ialah dengan melakukan pengecekan tiga minggu sekali, dan melakukan penggantian *bearing* tiga bulan sekali. Sedangkan untuk jenis cacat *open weld* adalah karena adanya partikel padat yang mengendap di dalam *heat exchanger*. Untuk itu, usulan perbaikan yang harus dilakukan adalah melakukan pembersihan dengan cara menyemprotkan air ke *heat echanger* seminggu sekali.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, dapat dibuat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan oleh perusahaan adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan perusahaan akan memperketat kualifikasi proses pembuatan pipa baja, seperti boleh atau tidaknya suatu mesin berjalan sebelum proses produksi dimulai. Sehingga masalah-masalah yang ada pada mesin dapat terdeteksi lebih dahulu. Hal ini tidak hanya berlaku untuk pipa baja ASTM A53 saja, tetapi juga untuk semua jenis pipa.
2. Perusahaan juga diharapkan melakukan pengecekan dan perawatan secara berkala terhadap kondisi mesin-mesin dan *tools* dalam semua proses produksi. Dengan demikian, mesin dan peralatan akan dalam keadaan baik, sehingga produk yang dihasilkan juga akan baik atau dengan kata lain produk cacat akan berkurang.
3. Dibutuhkan juga peran dari supervisor maupun kepala produksi dalam melakukan pengawasan kepada semua operator produksi. Sehingga operator akan selalu teliti dalam melakukan pekerjaannya, seperti melakukan pengecekan terhadap mesin dan *tools*-nya.
4. Untuk penerapan perbaikan kualitas seperti six sigma, sebaiknya dilakukan secara berkelanjutan, agar nantinya kualitas produk dapat lebih ditingkatkan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Dorothea Wahyu. 2004. Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kualitatif dalam Manajemen Kualitas). Yogyakarta: ANDI.
- Assauri, S. 1998. Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Besterfield, Dale H. 1990. *Quality Control* (3rd ed). New Jersey: Prentice Hall.
- Feigenbaum. A. V. 1996. Kendali Mutu Terpadu. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Gaspersz, V. 2002. Pedoman Implementasi Program SIX SIGMA. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hanliang, Njoo, dkk. 2013. Peningkatan Kualitas Proses Produksi di PT Indal Alumunium Industry TBK., Sidoarjo. Jurnal Teknik Industri. Vol 2 No.1. Surabaya: Universitas Surabaya.
- Irwan, Haryonno Didi. 2015. Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif). Bandung: Alfabeta Bandung.
- Laricha, Lithrone, dkk. 2013. Usulan Perbaikan Kualitas dengan Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) pada Proses Produksi *Roller Conveyor* MBC di PT XYZ. Jakarta: Universitas Tarumanegara.
- Pande, S, Peter, dkk. 2003. *The Six Sigma Way*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Pyzdek, Thomas. 2002. *The Six Sigma Handbook*, Panduan lengkap Untuk *Greenbelts*, *Blackbelts*, dan Manajer pada Semua Tingkatan. Jakarta: Salemba Empat.
- Syukron, Amin, ST, MT, Kholil, Muhammad, MT. 2013. *SIX SIGMA Quality for Business Improvement*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

1. Perhitungan Peta Kendali P

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{591}{7.099} = 0,08325$$

Hari ke-1

$$p_1 = \frac{np}{n} = \frac{3}{35} = 0,08571$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{35}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,14009 = 0,22334$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{35}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,14009 = -0,05684$$

Hari ke-2

$$p_2 = \frac{np}{n} = \frac{6}{54} = 0,111111$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{54}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,11278 = 0,19603$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{54}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,11278 = -0,02953$$

Hari ke-3

$$p_3 = \frac{np}{n} = \frac{4}{71} = 0,05634$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{71}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,09836 = 0,18161$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{71}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,09836 = -0,01511$$

Hari ke-4

$$p_4 = \frac{np}{n} = \frac{46}{266} = 0,17293$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{266}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,05082 = 0,13407$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{54}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,11278 = 0,03243$$

Hari ke-5

$$p_5 = \frac{np}{n} = \frac{26}{358} = 0,07263$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{358}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04380 = 0,12705$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{358}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04380 = 0,03945$$

Hari ke-6

$$p_6 = \frac{np}{n} = \frac{32}{321} = 0,09969$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{321}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04626 = 0,12951$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{321}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04626 = 0,03699$$

Hari ke-7

$$p_7 = \frac{np}{n} = \frac{16}{330} = 0,04848$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{330}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04562 = 0,12887$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{330}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04562 = 0,03763$$

Hari ke-8

$$p_8 = \frac{np}{n} = \frac{22}{391} = 0,05627$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{391}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04191 = 0,12516$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{391}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04191 = 0,04134$$

Hari ke-9

$$p_9 = \frac{np}{n} = \frac{13}{248} = 0,05242$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{248}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,05263 = 0,13588$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{248}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,05263 = 0,03062$$

Hari ke-10

$$p_{10} = \frac{np}{n} = \frac{16}{282} = 0,05674$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{282}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04935 = 0,13260$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{282}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04935 = 0,03390$$

Hari ke-11

$$p_{11} = \frac{np}{n} = \frac{34}{214} = 0,15888$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{214}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,05665 = 0,13990$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{214}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,05665 = 0,02660$$

Hari ke-12

$$p_{12} = \frac{np}{n} = \frac{54}{318} = 0,16981$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{318}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04648 = 0,12973$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{318}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04648 = 0,03672$$

Hari ke-13

$$p_{13} = \frac{np}{n} = \frac{27}{326} = 0,08282$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{326}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04590 = 0,12915$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{326}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04590 = 0,03735$$

Hari ke-14

$$p_{14} = \frac{np}{n} = \frac{19}{249} = 0,16981$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{249}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,05252 = 0,13577$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{249}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,05252 = 0,03073$$

Hari ke-15

$$p_{15} = \frac{np}{n} = \frac{44}{422} = 0,08282$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{422}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04034 = 0,12359$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{422}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04034 = 0,04291$$

Hari ke-16

$$p_{16} = \frac{np}{n} = \frac{21}{276} = 0,07609$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{276}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04989 = 0,13314$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{276}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04989 = 0,03336$$

Hari ke-17

$$p_{17} = \frac{np}{n} = \frac{44}{422} = 0,08282$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{422}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04034 = 0,12359$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{422}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04034 = 0,04291$$

Hari ke-18

$$p_{18} = \frac{np}{n} = \frac{46}{450} = 0,10222$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{450}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,03907 = 0,12232$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{450}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,03907 = 0,04418$$

Hari ke-19

$$p_{19} = \frac{np}{n} = \frac{28}{277} = 0,10108$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{277}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04980 = 0,13305$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{277}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04980 = 0,03345$$

Hari ke-20

$$p_{20} = \frac{np}{n} = \frac{28}{355} = 0,07887$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{355}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04399 = 0,12724$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{355}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04399 = 0,03926$$

Hari ke-21

$$p_{21} = \frac{np}{n} = \frac{22}{384} = 0,05729$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{384}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04229 = 0,12554$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{384}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04229 = 0,04096$$

Hari ke-22

$$p_{22} = \frac{np}{n} = \frac{14}{281} = 0,04982$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{281}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04944 = 0,13269$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{281}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04944 = 0,03381$$

Hari ke-23

$$p_{23} = \frac{np}{n} = \frac{19}{312} = 0,06090$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{312}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,04692 = 0,13017$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{312}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,04692 = 0,03633$$

Hari ke-24

$$p_{24} = \frac{np}{n} = \frac{12}{244} = 0,04918$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{244}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,05306 = 0,13631$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{244}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,05306 = 0,03019$$

Hari ke-25

$$p_{25} = \frac{np}{n} = \frac{11}{249} = 0,04418$$

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

$$UCL = 0,08325 + 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{249}}$$

$$UCL = 0,08325 + 0,05252 = 0,13577$$

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

$$LCL = 0,08325 - 3 \sqrt{\frac{0,08325 (1 - 0,08325)}{249}}$$

$$LCL = 0,08325 - 0,05252 = 0,03073$$

Perhitungan Peta Kendali P Setelah Revisi

$$\text{CL atau } \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{457}{6.301} = 0,07253$$

Hari ke-1

$$p_1 = \frac{np}{n} = \frac{3}{35} = 0,08571$$

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

$$\text{UCL} = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{35}}$$

$$\text{UCL} = 0,07253 + 0,13152 = 0,20405$$

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

$$\text{LCL} = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,072528 (1 - 0,072528)}{35}}$$

$$\text{LCL} = 0,07253 - 0,13152 = -0,05899$$

Hari ke-2

$$p_2 = \frac{np}{n} = \frac{6}{54} = 0,11111$$

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

$$\text{UCL} = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{54}}$$

$$\text{UCL} = 0,07253 + 0,10588 = 0,17841$$

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

$$\text{LCL} = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{54}}$$

$$\text{LCL} = 0,07253 - 0,10588 = -0,03336$$

Hari ke-3

$$p_3 = \frac{np}{n} = \frac{4}{71} = 0,05634$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{71}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,09234 = 0,16487$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{71}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,09234 = -0,01981$$

Hari ke-4

$$p_4 = \frac{np}{n} = \frac{26}{358} = 0,07263$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{358}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04112 = 0,11365$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{358}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04112 = 0,03141$$

Hari ke-5

$$p_5 = \frac{np}{n} = \frac{32}{321} = 0,09969$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{321}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04343 = 0,11596$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{321}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04343 = 0,02910$$

Hari ke-6

$$p_6 = \frac{np}{n} = \frac{16}{330} = 0,04848$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{330}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04283 = 0,11536$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{330}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04283 = 0,02970$$

Hari ke-7

$$p_7 = \frac{np}{n} = \frac{22}{391} = 0,05627$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{391}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,03935 = 0,11188$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{391}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,03935 = 0,03318$$

Hari ke-8

$$p_8 = \frac{np}{n} = \frac{13}{248} = 0,05242$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{248}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04941 = 0,12194$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{248}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04941 = 0,02312$$

Hari ke-9

$$p_9 = \frac{np}{n} = \frac{16}{282} = 0,05674$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{282}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04633 = 0,11866$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{282}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04633 = 0,02619$$

Hari ke-10

$$p_{10} = \frac{np}{n} = \frac{27}{326} = 0,08282$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{326}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04309 = 0,11562$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{326}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04309 = 0,02943$$

Hari ke-11

$$p_{11} = \frac{np}{n} = \frac{19}{249} = 0,07631$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{249}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04931 = 0,12184$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{249}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04931 = 0,02322$$

Hari ke-12

$$p_{12} = \frac{np}{n} = \frac{44}{422} = 0,10427$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{422}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,03788 = 0,11040$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{422}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,03788 = 0,03465$$

Hari ke-13

$$p_{13} = \frac{np}{n} = \frac{21}{276} = 0,07609$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{276}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04683 = 0,11936$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{276}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04683 = 0,02569$$

Hari ke-14

$$p_{14} = \frac{np}{n} = \frac{28}{386} = 0,07254$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{386}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,03960 = 0,11213$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{386}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,03960 = 0,03292$$

Hari ke-15

$$p_{15} = \frac{np}{n} = \frac{46}{450} = 0,10222$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{450}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,03668 = 0,10921$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{450}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,03668 = 0,03585$$

Hari ke-16

$$p_{16} = \frac{np}{n} = \frac{28}{277} = 0,10108$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{277}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04675 = 0,11928$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{277}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04675 = 0,02578$$

Hari ke-17

$$p_{17} = \frac{np}{n} = \frac{28}{355} = 0,07887$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{355}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04130 = 0,11382$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{355}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04130 = 0,03123$$

Hari ke-18

$$p_{18} = \frac{np}{n} = \frac{22}{384} = 0,05729$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{384}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,03971 = 0,11223$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{384}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,03971 = 0,03282$$

Hari ke-19

$$p_{19} = \frac{np}{n} = \frac{14}{281} = 0,04982$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{281}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04642 = 0,11894$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{281}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04642 = 0,02611$$

Hari ke-20

$$p_{20} = \frac{np}{n} = \frac{19}{312} = 0,06090$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{312}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04405 = 0,11658$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{312}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04405 = 0,02848$$

Hari ke-21

$$p_{21} = \frac{np}{n} = \frac{12}{244} = 0,04918$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{244}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04981 = 0,12234$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{244}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04981 = 0,02272$$

$$p_{22} = \frac{np}{n} = \frac{11}{249} = 0,04418$$

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

$$UCL = 0,07253 + 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{249}}$$

$$UCL = 0,07253 + 0,04931 = 0,04931$$

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

$$LCL = 0,07253 - 3 \sqrt{\frac{0,07253 (1 - 0,07253)}{249}}$$

$$LCL = 0,07253 - 0,04931 = 0,02322$$

Hari ke-22

2. Tabel Konversi Sigma

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.386	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.563	0,53	833.977	1,04	677.242	1,55	480.061
0,03	929.219	0,54	831.472	1,05	673.645	1,56	476.078
0,04	927.855	0,55	828.944	1,06	670.031	1,57	472.097
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	666.402	1,58	468.119
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.144
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.172
0,08	922.196	0,59	818.589	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.850	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.656	0,64	805.106	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.505
0,15	911.492	0,66	799.546	1,17	629.300	1,68	428.576
0,16	909.877	0,67	796.731	1,18	625.516	1,69	424.655
0,17	908.241	0,68	793.892	1,19	621.719	1,70	420.740
0,18	906.582	0,69	791.030	1,20	617.911	1,71	416.834
0,19	904.902	0,70	788.145	1,21	614.092	1,72	412.936
0,20	903.199	0,71	785.236	1,22	610.261	1,73	409.046
0,21	901.475	0,72	782.305	1,23	606.420	1,74	405.165
0,22	899.727	0,73	779.350	1,24	602.568	1,75	401.294
0,23	897.958	0,74	776.373	1,25	598.706	1,76	397.432
0,24	896.165	0,75	773.373	1,26	594.835	1,77	393.580
0,25	894.350	0,76	770.350	1,27	590.954	1,78	389.739
0,26	892.512	0,77	767.305	1,28	587.064	1,79	385.908
0,27	890.651	0,78	764.238	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169

Lanjutan...

Lanjutan...

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	16.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198

Lanjutan...

Lanjutan...

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4.940	4,59	1.001	5,10	159	5,61	20
4,09	4.799	4,60	968	5,11	153	5,62	19
4,10	4.661	4,61	936	5,12	147	5,63	18
4,11	4.527	4,62	904	5,13	142	5,64	17
4,12	4.397	4,63	874	5,14	136	5,65	17
4,13	4.269	4,64	845	5,15	131	5,66	16
4,14	4.145	4,65	816	5,16	126	5,67	15
4,15	4.025	4,66	789	5,17	121	5,68	15
4,16	3.907	4,67	762	5,18	117	5,69	14
4,17	3.793	4,68	736	5,19	112	5,70	13
4,18	3.681	4,69	711	5,20	108	5,71	13
4,19	3.573	4,70	687	5,21	104	5,72	12
4,20	3.467	4,71	664	5,22	100	5,73	12
4,21	3.364	4,72	641	5,23	96	5,74	11
4,22	3.264	4,73	619	5,24	92	5,75	11
4,23	3.167	4,74	598	5,25	88	5,76	10
4,24	3.072	4,75	577	5,26	85	5,77	10
4,25	2.980	4,76	557	5,27	82	5,78	9
4,26	2.890	4,77	538	5,28	78	5,79	9
4,27	2.803	4,78	519	5,29	75	5,80	9
4,28	2.718	4,79	501	5,30	72	5,81	8
4,29	2.635	4,80	483	5,31	70	5,82	8
4,30	2.555	4,81	467	5,32	67	5,83	7
4,31	2.477	4,82	450	5,33	64	5,84	7
4,32	2.401	4,83	434	5,34	62	5,85	7
4,33	2.327	4,84	419	5,35	59	5,86	7
4,34	2.256	4,85	404	5,36	57	5,87	6
4,35	2.186	4,86	390	5,37	30	Catatan: Tabel konversi ini Mencakup pengeseran 1,5- sigma untuk semua nilai Z	
4,36	2.118	4,87	376	5,38	29		
4,37	2.052	4,88	362	5,39	27		
4,38	1.988	4,89	350	5,40	26		
4,39	1.926	4,90	337	5,41	25		
4,40	1.866	4,91	325	5,42	24		
4,41	1.807	4,92	313	5,43	23		

