

No. Dok : 00982

D 658.562
E Rin
N

**UPAYA PERBAIKAN PROSES *DIE CASTING* PADA *BRAKE DRUM* HINO
4620A MENGGUNAKAN PENDEKATAN *DEFINE MEASURE ANALYZE*
IMPROVE CONTROL DI PT BRAJA MUKTI CAKRA**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat-Syarat Penyelesaian Program
Studi DIV Teknik Industri Otomotif
pada Politeknik STMI Jakarta**

**Disusun Oleh:
AN NIDA MAHARANI RINJANI
NIM 1112070**



DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	20/10/2022
No Induk Buku	966/ri0/sb/TA/22

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2019**

SUMBANGAN ALUMNI

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

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR :

**“UPAYA PERBAIKAN PROSES *DIE CASTING* PADA *BRAKE DRUM*
HINO 4620A MENGGUNAKAN PENDEKATAN *DEFINE MEASURE*
ANALYZE IMPROVE CONTROL DI PT BRAJA MUKTI CAKRA”**

DISUSUN OLEH :

NAMA : AN NIDA MAHARANI RINJANI

NIM : 1112070

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diajukan dan Dipertahankan Dalam Ujian
Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian.

Jakarta, Agustus 2019



Ir. Mohammad Rachmatullah, MBA
(NIP: 195504071984031004)

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR :
UPAYA PERBAIKAN PROSES *DIE CASTING* PADA *BRAKE DRUM* HINO
4620A MENGGUNAKAN PENDEKATAN *DEFINE MEASURE ANALYZE*
IMPROVE CONTROL DI PT BRAJA MUKTI CAKRA

DISUSUN OLEH :
NAMA : AN NIDA MAHARANI RINJANI
NIM : 1112070
PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah Diuji oleh Tim Penguji Sidang Ujian Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta
Pada Hari Senin Tanggal 16 September 2019.

Jakarta, 24 September 2019

Dosen Penguji 1,



Lucyana Tresia, M.T.

NIP: 197803012008032001

Dosen Penguji 2,



Dr. Siti Aisyah, S.T., M.T.

NIP: 197712172002122003

Dosen Penguji 3,



Emi Rusmiati, S.T., M.T.

NIP: 197609262001122003

Dosen Penguji 4,



Ir. Mohammad Rahmatullah, M.BA.

NIP: 195504071984031004

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : AN NIDA MAHARANI RINJANI

NIM : 1112070

Berstatus sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul:

“UPAYA PERBAIKAN PROSES *DIE CASTING* PADA *BRAKE DRUM* HINO 4620A MENGGUNAKAN PENDEKATAN *DEFINE MEASURE IMPROVE CONTROL* DI PT BRAJA MUKRI CAKRA”

- **Dibuat** dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan literatur hasil kuliah survey lapangan, dosen pembimbing, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas / Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan sebagai bahan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- **Bukan** merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir saya.

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

Jakarta, Agustus 2019

METERAI TEMPEL
Pembuat Pernyataan
2D59AAFF334609907
6000
ENAM RIBURUPIAH
An Nida Maharani Rinjani



LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : AN NIDA MAHARANI RINJANI
 NIM : 1112070
 Judul TA : UPAYA PERBAIKAN PROSES DIE CASTING PADA BRAKE DRUM HINO 9620 A MENGGUNAKAN PENDEKATAN DEFINE MEASURE ANALYZE IMPROVE CONTROL DI PT BRAJA MUKTI CAKRA
 Pembimbing : Ir. Moh. Rahmatullah, MBA
 Asisten Pembimbing :

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
20/6/2019	I	- Penyerahan Surat penugasan bimbingan TA	
25/6/2019	I	- penyerahan BAB I - Revisi BAB I	
2/7/2019	I II	- Revisi BAB I & ACC BAB I - Penyerahan BAB II & ACC BAB II	
10/7/2019	III	- Penyerahan BAB III - ACC BAB III	
19/7/2019	IV	- penyerahan BAB IV - Revisi BAB IV	
24/7/2019	V	- Penyerahan BAB V & ACC BAB V - Penyerahan BAB V, Revisi BAB V	
29/7/2019	V	- Penyerahan Revisi BAB V - ACC BAB V	
5/8/2019	VI	- Penyerahan BAB VI, Revisi BAB VI	
6/8/2019	VI	- penyerahan revisi BAB VI - ACC BAB VI	
8/8/2019	VI	- penyerahan BAB I s/d BAB VI - ACC BAB I s/d BAB VI	

Mengetahui,
Ka Prodi

TIO

Muhamad Agus, ST, MT

NIP: 19700829.200212.1.001

Pembimbing

Ir. Moh. Rahmatullah, MBA

NIP: 195504.07.1984403.1.009

ABSTRAK

PT Braja Mukti Cakra memproduksi komponen mobil. Salah satu komponen yang diproduksi adalah *Brake Drum*. Proses produksi *Brake Drum* Hino 4620A terdiri dari *die casting* (pengolahan bahan mentah), *baritori* (proses pengikiran), *machining* (proses bubut) dan *final inspection* (pengecekan) menggunakan mesin dan tenaga manusia. Pada *Brake Drum* Hino 4620A terdapat jenis-jenis *defect* yang sering terjadi seperti *misrun*, *porosity* dan *gas hole*. Metode yang digunakan adalah (DMAIC) yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*. Metode perbaikan kualitas *Brake Drum* dilakukan dengan lima tahapan. Pada tahap *Define* pemilihan proyek mana yang menjadi fokus perbaikan kualitas, diagram Pareto untuk menentukan cacat mana yang paling dominan, pada tahap *Measure* digunakan peta kendali p untuk mengukur proses produksi, dan perhitungan nilai DPMO. Pada tahap *Analyze* dilakukan analisis dengan menggunakan analisa Diagram Sebab Akibat yang bertujuan untuk mengetahui akar dari penyebab kegagalan berdasarkan nilai *defect* yang paling tertinggi. Adapun nilai *defect* tertinggi yaitu untuk jenis *defect misrun* sebesar 389 dan untuk jenis *defect porosity* sebesar 95. Pada tahap *Improve* digunakan 5W+1H untuk membuat solusi dari penyebab *defect* berdasarkan nilai *defect* yang terbesar. Pada tahap *Control* dilakukan pengontrolan terhadap hasil perbaikan. Pada tahap *Improve* digunakan 5W+1H untuk membuat solusi dari penyebab cacat berdasarkan jumlah *defect* yang terbesar. Setelah dilakukan tindakan perbaikan pada penyebab *defect* yang diprioritaskan. Maka nilai DPMO (*Defect per Million Opportunities*) mengalami penurunan sebesar 6.800 unit dari 17.000 unit menjadi 10.200 unit dan *level sigma* meningkat sebesar 0,1988 dari 3,6201 menjadi 3,8189.

Kata Kunci: DMAIC, Diagram Pareto, Nilai DPMO, *Level Sigma*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “UPAYA PERBAIKAN PROSES *DIE CASTING* PADA *BRAKE DRUM* HINO 4620A MENGGUNAKAN PENDEKATAN *DEFINE MEASURE ANALYZE IMPROVE CONTROL* DI PT BRAJA MUKTI CAKRA”.

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi sebagian syarat-syarat untuk menyelesaikan Program Studi DIV Jurusan Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah banyak mendapat bimbingan, dorongan dan petunjuk serta informasi dari seluruh pihak yang terkait. Untuk itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

- Suami dan kedua orang tua yang telah memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Bapak Dr. Mustofa, ST, MT. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I.
- Bapak Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, MT. selaku Pembantu Direktur 1 Bidang Akademik Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I.
- Bapak Muhamad Agus, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Otomotif.
- Bapak Ir. Moh. Rahmatullah, MBA. selaku Pembimbing penulisan Tugas Akhir, sudah menyediakan waktu dan dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan dan petunjuk bagi penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
- Kerabat dan teman-teman penulis yang telah memberikan bantuan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini baik material maupun spiritual yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Jakarta, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Kualitas	6
2.2 <i>Six Sigma</i>	11
2.3 Metode DMAIC	16
2.4 <i>Tools Six Sigma</i>	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pengumpulan Data	31
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	32
3.4 Teknik Analisis	33
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	
4.1 Pengumpulan Data	38
4.2 Pengolahan Data	52
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1 Tahap <i>Analyze</i>	67
5.2 Tahap <i>Improve</i>	69

BAB VI PENUTUP	
6.1 Kesimpulan	82
6.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Roda Deming dalam Industri Modern	10
2.2 Konsep <i>Six Sigma</i>	16
2.3 Model Perbaikan <i>Six Sigma</i> DMAIC	17
2.4 Diagram SIPOC	18
2.5 Diagram Sebab Akibat	29
3.1 Kerangka Pemecahan Masalah	37
4.1 Perusahaan PT Braja Mukti Cakra.....	39
4.2 Struktur Organisasi PT Braja Mukti Cakra	42
4.3 Tata letak Pabrik Produksi	43
4.4 Alur Proses Produksi <i>Brake Drum</i>	46
4.5 Alur Proses <i>Die Casting</i>	47
4.6 <i>Brake Drum</i>	49
4.7 Diagram Alir Proses <i>Brake Drum</i>	54
4.8 Diagram SIPOC	56
4.9 Diagram Pareto Jenis <i>Defect</i>	57
4.10 Peta kendali p untuk Jumlah <i>Defect</i> Harian Bulan Juli – Agustus 2017.....	61
4.11 Peta kendali p untuk Jumlah <i>Defect</i> Harian Bulan Juli – Agustus 2017 (Revisi).....	64
5.1 Diagram Sebab Akibat untuk <i>Defect Misrun</i>	68
5.2 Peta kendali p untuk Jumlah <i>Defect</i> Harian Bulan November – Desember 2017 Setelah Perbaikan.....	76
5.3 Perbandingan Jumlah DPMO.....	79
5.4 Perbandingan Level Sigma	80

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Perbedaan <i>True Six Sigma</i> dengan Motorola <i>Six Sigma</i>	15
2.2 Penggunaan Metode 5W+1H untuk Pengembangan Rencana Tindakan.....	24
2.3 Jenis dan Kegunaan Peta Kendali	27
4.1 Waktu Kerja Kantor (Staf dan Administrasi).....	44
4.2 Waktu Kerja Produksi (Produksi dan <i>Support</i> Produksi)	44
4.3 Hasil Produksi PT Braja Mukti Cakra	45
4.4 Jumlah <i>Defect</i> Periode Juli – Agustus 2017.....	49
4.5 Jenis <i>Defect</i> Pada Brake Drum Hino 4620A.....	50
4.6 Data Jumlah <i>Defect</i> pada Proses Produksi <i>Brake Drum</i>	51
4.7 CTQ (<i>Critical To Quality</i>) untuk <i>Defect Misrun</i>	58
4.8 Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p	59
4.9 Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p (Revisi).....	62
5.1 Metode 5W+1H untuk <i>Defect Misrun</i>	70
5.2 Data Jumlah <i>Defect</i> Harian Brake Drum Hino 4620A Bulan November – Desember 2017 Setelah Perbaikan.....	72
5.3 Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p Selah Perbaikan	74
5.4 Perbandingan Jumlah DPMO Sebelum dan Sesudah Perbaikan.....	79
5.5 Perbandingan <i>Level Sigma</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan	80

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Persaingan usaha di bidang industri otomotif di era globalisasi ini mengalami perkembangan yang pesat. Hal tersebut terjadi karena setiap perusahaan termotivasi untuk meningkatkan kinerja agar dapat menarik minat dan memuaskan konsumen. Faktor utama yang menentukan kinerja suatu perusahaan adalah kualitas produk. Produk yang berkualitas adalah produk yang sesuai dengan apa yang diinginkan oleh konsumen. Dalam menjaga konsistensi kualitas produk yang dihasilkan agar sesuai dengan kebutuhan dan keinginan konsumen, perlu dilakukan perbaikan dan pengendalian kualitas atas proses produksi yang dijalani. Namun, sebelum melakukan peningkatan kualitas ada baiknya jika suatu perusahaan terlebih dahulu menjaga kualitas yang telah ada untuk mempertahankan kepercayaan pelanggan terhadap produknya. Dengan demikian perusahaan perlu melakukan perbaikan kualitas secara berkelanjutan.

Salah satu perusahaan yang terus melakukan perbaikan kualitas terhadap produknya adalah PT Braja Mukti Cakra. PT Braja Mukti Cakra merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri otomotif. Untuk sekarang ini, PT Braja Mukti Cakra terus mengembangkan produknya sehingga terus dapat bersaing dengan perusahaan otomotif lainnya serta mengutamakan faktor kualitas produk dan menggunakan prinsip *zero defect* untuk memnuhi kepuasan pelanggan.

PT Braja Mukti Cakra memproduksi komponen mobil. Salah satu komponen yang diproduksi adalah *Brake Drum*. Proses produksi *Brake Drum* Hino 4620A terdiri dari *die casting* (pengolahan bahan mentah), *baritori* (proses pengikiran), *machining* (proses bubut) dan *final inspection* (pengecekan) menggunakan mesin dan tenaga manusia.

Banyaknya *Brake Drum* yang dinyatakan *defect* setelah dilakukan pemeriksaan secara visual yang terjadi pada *Brake Drum* Hino 4620A pada proses *die casting* di bulan Juli 2017 sebesar 6,65% dan pada bulan Agustus 2017 sebesar 7,75%. Presentase jumlah *defect* ini melebihi *standard* yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 4%. Jenis *defect* yang terdapat *Brake Drum* Hino 4620A adalah *misrun*, *porosity* dan *gas hole*.

Ketiga jenis cacat ini menyebabkan *blank product* harus dikerjakan ulang dan bahkan ada yang sudah tidak bisa dikerjakan ulang. Adanya pengerjaan ulang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan berupa timbulnya biaya-biaya untuk menangani pengerjaan ulang tersebut. Selain itu, target produksi yang harus diselesaikan oleh lini pembuatan *Brake Drum* Hino 4620A terkadang tidak tercapai.

Pengendalian kualitas perlu dilakukan untuk meminimalisir atau mengurangi banyaknya jumlah cacat pada proses *die casting*. Oleh karena itu dilakukan penelitian dan analisis dalam perbaikan proses *die casting* pada *Brake Drum* Hino 4620A dengan menggunakan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) untuk mengurangi jumlah cacat serta meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang timbul maka beberapa masalah yang menjadi pertimbangan penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya cacat pada *Brake Drum* Hino 4620A pada proses *die casting*?
2. Bagaimana tindakan perbaikan untuk meningkatkan kualitas proses *die casting* pada produk *Brake Drum* Hino 4620A?
3. Berapa nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) dan *level sigma* sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kualitas pada proses *die casting*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian yang hendak dicapai dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menentukan jenis-jenis cacat dan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya cacat pada produk *Brake Drum* Hino 4620A di proses produksi bagian *die casting*.
2. Untuk menentukan tindakan perbaikan kualitas proses *die casting* pada produk *Brake Drum* Hino 4620A.
3. Menganalisis hasil perbandingan DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) dan *Level Sigma* sebelum dan sesudah implementasi pengendalian kualitas pada

proses produksi *Brake Drum* Hino 4620A dengan menggunakan pendekatan DMAIC (*Define Measure Analyze Improve Control*).

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang pada penelitian ini, keterbatasan kemampuan penulis dan waktu yang tersedia, maka dalam penelitian ini diberikan batasan sebagai berikut:

1. Tempat Praktek Kerja Lapangan adalah di PT Braja Mukti Cakra.
2. Penelitian dan pengamatan dilakukan pada proses produksi *Brake Drum* Hino 4620A.
3. Data pengamatan yang diambil dari PT Braja Mukti Cakra adalah data dari bagian *production quality*.
4. Data yang diambil adalah data cacat proses *Die casting* pada pembuatan *Brake Drum* Hino 4620A bulan Juli - Agustus 2017.
5. Penelitian dilakukan selama 44 hari kerja efektif dimulai pada tanggal 01 Juli 2017 sampai dengan tanggal 31 Agustus 2017.
6. Tidak membahas masalah biaya dalam proses produksi dan faktor yang dibahas hanya mengenai faktor kegagalan pada proses pembuatan *Brake Drum* Hino 4620A.

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
Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan dalam pengambilan kebijakan perusahaan, dalam menentukan strategi serta pengendalian kualitas pada masa yang akan datang sebagai upaya peningkatan kualitas.
2. Bagi penulis
Hasil ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai penting pelaksanaan pengendalian kualitas dalam perusahaan. Selain penelitian ini dapat

memberikan pengalaman dalam mengumpulkan, menganalisis data, serta menarik kesimpulan berdasarkan teori-teori yang diperoleh selama masa kuliah.

3. Bagi pihak lain

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi, sebagai tambahan ilmu, bahan pertimbangan dan perbandingan bagi penelitian selanjutnya secara lebih mendalam.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulisan, pembahasan dan penyusunan laporan tugas akhir ini, maka penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah yang terjadi di PT Braja Mukti Cakra, tujuan penelitian dalam rangka mengurangi *defect* produk serta meningkatkan kualitas produk, pembatasan masalah, manfaat penelitian sebagai upaya peningkatan kualitas dengan menggunakan metode DMAIC (*Define Measure Analyze Improve Control*) dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini memuat teori dasar yang menunjang pokok permasalahan serta teori-teori yang erat kaitannya dengan langkah-langkah yang diambil dalam proses pemecahan masalah yaitu mengenai kualitas, pengendalian kualitas, alat pengendalian kualitas *Six Sigma* dengan menggunakan metode DMAIC (*Define Measure Analyze Improve Control*).

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian, metode pengumpulan data dan teknik analisis. Pada bab ini ditampilkan kerangka pemecahan masalah yang memuat langkah-langkah penelitian dengan metode DMAIC dari awal sampai dengan penarikan kesimpulan serta saran.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini terdiri atas dua bagian, yaitu pengumpulan data dan pengolahan data. Pengumpulan data mengenai gambaran umum perusahaan, lokasi perusahaan, visi dan misi perusahaan, struktur organisasi dan *job description*, tata letak pabrik, ketenagakerjaan, hasil produksi perusahaan, alur proses *die casting*, data jumlah cacat dan jenis cacat pada proses produksi *die casting* yang akan menjadi bahan penelitian tugas akhir ini. Pengolahan data menggunakan metode DMAIC, yaitu tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*. Pada bab ini, penelitian hanya sampai pada tahap *Measure*, yaitu tahap pengukuran.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan untuk mencapai pemecahan masalah yang dibahas. Analisis dan pembahasan ini diuraikan dengan metode DMAIC yaitu *Analyze, Improve* dan *Control*. Uraian tentang identifikasi masalah pada tahapan metode DMAIC menjelaskan semua hal yang mungkin menjadi penyebab timbulnya masalah.

BAB VI : PENUTUP

Bab ini merupakan kesimpulan dari hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan, dan merupakan jawaban dari tujuan penelitian. Selain itu bab ini juga berisi saran-saran membangun yang diusulkan kepada perusahaan guna meningkatkan kualitas produk perusahaan.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Kualitas

Kualitas merupakan istilah yang dipergunakan untuk menilai baik tidaknya suatu barang atau jasa. Barang atau jasa yang baik menurut penggunanya kerap kali disebut berkualitas. Kualitas merupakan hal terpenting dalam dunia industri. Dengan mempunyai kualitas terbaik, perusahaan dapat bersaing dan bertahan dalam dunia industri.

2.1.1 Pengertian Kualitas

Kualitas saat ini dapat dipandang sebagai titik kepuasan pelanggan, atau dianggap wilayah kebutuhan pengguna atau ruang kecukupan penggunaan atau daerah pemenuhan kebutuhan. Begitu banyak sekali makna kualitas, karena sekarang pengguna pemahaman kualitas sudah meluas. Baik produsen barang, penyedia jasa hingga lembaga-lembaga pengelolaan pemerintahan atau birokrasi. Pokoknya semua yang berhubungan dengan pihak pengguna, pemakai atau yang harus dilayani, sebagai tujuan utama kegiatan tersebut.

Pengertian kualitas memiliki makna yang berbeda bagi setiap orang tergantung dari konteksnya. Berbagai pengertian kualitas menurut para ahli dalam buku Ariani (2004) antara lain: menurut Juran (1962), "Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya". Menurut Feigenbaum (1991), "Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture, dan maintenance*. Dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan". Sedangkan menurut Elliot (1993), "Kualitas adalah sesuatu yang berbeda untuk orang yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai tujuan".

Dari beberapa pengertian kualitas di atas mengartikan kualitas harus bersifat menyeluruh, baik produk maupun prosesnya. Kualitas produk meliputi bahan baku dan bahan jadi, sedangkan kualitas proses meliputi kualitas segala sesuatu yang berhubungan dengan proses produksi perusahaan.

2.1.2 Dimensi Kualitas

Ada beberapa dimensi kualitas untuk industri manufaktur dan jasa. Dimensi ini digunakan untuk melihat dari sisi manakah kualitas dinilai. Garvin (1996) menguraikan delapan dimensi kualitas sebagai dasar perencanaan strategis untuk industri manufaktur. Kedelapan dimensi tersebut adalah sebagai berikut (Tjiptono, 2003):

1. *Performance*, yaitu kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri atau karakteristik operasi dari suatu produk.
2. *Feature*, yaitu ciri khas produk yang membedakan dari produk lain yang merupakan karakteristik pelengkap dan mampu menimbulkan kesan yang baik bagi pelanggan.
3. *Reliability*, yaitu kepercayaan pelanggan terhadap produk karena keandalannya atau karena kemungkinan kerusakan yang rendah.
4. *Conformance*, yaitu kesesuaian produk dengan syarat atau ukuran tertentu sejauh mana karakteristik desain dan operasi memenuhi standar-standar yang telah ditetapkan.
5. *Durability*, yaitu tingkat ketahanan atau awet produk atau lama umur produk.
6. *Serviceability*, yaitu kemudahan produk itu bila akan diperbaiki atau kemudian memperoleh komponen produk tersebut.
7. *Aesthetic*, yaitu keindahan atau daya tarik produk tersebut.
8. *Perception*, yaitu fanatisme konsumen akan merek suatu produk tertentu karena citra atau reputasi produk itu sendiri.

2.1.3 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. Menurut Feigenbaum (1996) kualitas produk secara langsung dipengaruhi sembilan bidang dasar:

1. *Market* (Pasar): jumlah produk baru dan lebih baik yang ditawarkan di pasar terus bertumbuh pada laju yang eksplosif.
2. *Money* (Uang): meningkatnya persaingan didalam banyak bidang bersamaan dengan fluktuasi ekonomi dunia telah menurunkan batas (*margin*) laba.

3. *Management* (Manajemen): tanggung jawab kualitas telah didistribusikan antara beberapa kelompok khusus.
4. *Man* (Manusia): pertumbuhan yang cepat dalam pengetahuan teknis dan penciptaan seluruh bidang-bidang seperti elektronika komputer telah menciptakan suatu permintaan yang besar akan pekerja-pekerja dengan pengetahuan khusus.
5. *Motivation* (motivasi): meningkatnya kerumitan dalam membawa mutu produk ke dalam pasar telah memperbesar makna kontribusi setiap karyawan terhadap mutu.
6. *Material* (Bahan): disebabkan oleh biaya produksi dan persyaratan mutu, para ahli teknik memilih bahan dengan batasan yang lebih ketat daripada sebelumnya dan menggunakan banyak bahan yang baru.
7. *Machine and mechanization* (Mesin dan mekanisasi): permintaan perusahaan untuk mencapai penurunan biaya dan volume produksi untuk memuaskan pelanggan dalam pasar yang bersaing ketat telah mendorong penggunaan perlengkapan pabrik yang secara mantap menjadi lebih rumit dan jauh lebih tergantung pada mutu bahan yang dimasukkan ke dalam mesin tersebut.
8. *Modern information methods* (Metode informasi modern): evolusi teknologi komputer yang cepat telah membuka kemungkinan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengambil kembali dan memanipulasi informasi pada suatu skala yang tidak pernah terbayangkan sebelumnya.
9. *Mounting product requirements* (persyaratan proses produksi): kemajuan yang pesat didalam kerumitan rekayasa rancangan, yang memerlukan kendali yang jauh lebih ketat pada seluruh proses pembuatan, telah membuat "hal-hal kecil" yang sebelumnya terabaikan menjadi penting secara potensial.

2.1.4 Pengendalian Kualitas

Kegiatan pengendalian kualitas pada dasarnya merupakan keseluruhan kumpulan aktivitas, dimana berusaha untuk mencapai kondisi "*fitness for use*" tidak peduli dimana aktivitas tersebut akan dilaksanakan yaitu mulai pada saat produk dirancang, diproses, sampai selesai dan kemudian didistribusikan ke konsumen. Kegiatan pengendalian kualitas antara lain meliputi aktivitas-aktivitas perencanaan kualitas pada saat merancang

produk dan proses pembuatannya, pengendalian dalam penggunaan segala sumber *material* yang dipakai dalam proses produksi (*incoming material control*), analisa tindakan koreksi dalam kaitannya dengan cacat-cacat yang dijumpai pada produk yang dihasilkan. Parameter yang menentukan suatu produk harus mampu memenuhi konsep "*fitness for use*" ada dua macam yaitu parameter kualitas desain dan parameter kualitas kesesuaian (Purnomo, 2004).

Pengendalian kualitas harus dilakukan melalui proses yang terus-menerus dan berkesinambungan. Proses pengendalian kualitas tersebut dapat dilakukan melalui proses (*Plan, Do, Check, Action*) PDCA yang diperkenalkan oleh Dr. W. Edwards Deming, seorang pakar kualitas ternama yang berkebangsaan Amerika Serikat. Siklus PDCA umumnya digunakan untuk mengetes dan mengimplementasikan perubahan-perubahan untuk memperbaiki kinerja produk, proses atau suatu system dimasa yang akan datang. Tahap-tahap dalam siklus PDCA terdiri atas:

1. *Plan* (Perencanaan)

Tindakan untuk mengatur pelaksanaan dari suatu kegiatan agar dapat berjalan sesuai dengan rencana.

2. *Do* (Pelaksanaan)

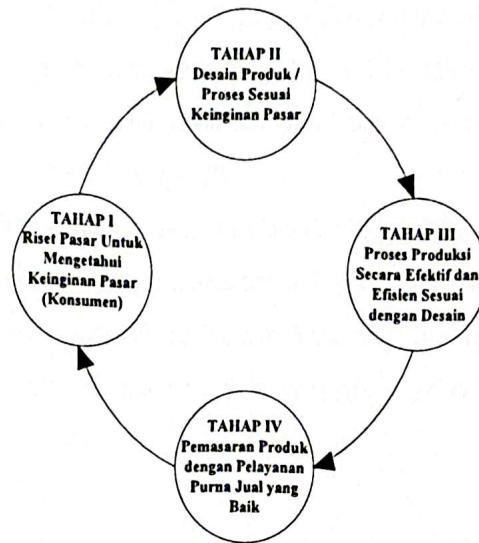
Mengadakan perbaikan dan pencegahan terhadap kesalahan-kesalahan yang telah dilakukan agar kesalahan tersebut tidak terulang lagi.

3. *Check* (Pemeriksaan)

Untuk menilai dan mengoreksi dengan maksud agar rencana-rencana yang telah ditetapkan dapat tercapai.

4. *Action* (Tindakan)

Tindakan untuk mengarahkan semua pelaksanaan kegiatan pada satu sasaran yang telah ditetapkan.



Gambar 2.1 Roda Deming dalam Industri Modern
Sumber: Gasperz, 1998

2.1.5 Tujuan Pengendalian Kualitas

Maksud dari pengendalian kualitas adalah agar spesifikasi produk yang telah ditetapkan sebagai standar dapat tercermin dalam produk atau hasil akhir. Menurut Assauri (2008) dalam bukunya yang berjudul *Manajemen Produksi dan Operasi*, tujuan pengendalian kualitas adalah:

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

Untuk mendapatkan mutu produk yang terbaik pemantauan pengendalian kualitas tidak dilihat pada hasil akhir (*output*), melainkan sudah mulai dipantau dari proses produksinya atau produk yang masih berada dalam proses.

2.1.6 Variasi

Variasi adalah ketidakseragaman dalam sistem industri sehingga menimbulkan perbedaan dalam kualitas produk (barang atau jasa) yang dihasilkan. Pada dasarnya ada dua sumber atau penyebab timbulnya variasi, yang diklasifikasikan sebagai berikut (Gasperz, 2002):

1. Variasi Penyebab-Khusus (*Special-Causes Variation*) adalah kejadian-kejadian diluar sistem industri yang mempengaruhi variasi dalam sistem industri itu. Penyebab khusus dapat bersumber dari faktor-faktor: manusia, peralatan, bahan baku, lingkungan, metode kerja, dll.
2. Variasi Penyebab-Umum (*Common-Causes Variation*) adalah faktor-faktor di dalam sistem industry atau yang melekat pada proses industri yang menyebabkan timbulnya variasi dalam sistem industri serta hasil-hasilnya. Penyebab umum sering disebut juga sebagai penyebab acak (*random causes*) atau penyebab sistem (*system causes*).

2.2 *Six Sigma*

Six Sigma adalah suatu alat manajemen baru yang digunakan untuk mengganti *Total Quality Management* (TQM), sangat terfokus terhadap pengendalian kualitas dengan mendalami sistem produksi perusahaan secara keseluruhan. Memiliki tujuan untuk, menghilangkan cacat produksi, memangkas waktu pembuatan produk, dan menghilangkan biaya.

2.2.1 Sejarah *Six Sigma*

Six Sigma Motorola merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas. Banyak ahli manajemen kualitas menyatakan bahwa metode *Six Sigma* Motorola dikembangkan dan diterima secara luas oleh dunia industri, karena manajemen industri frustrasi terhadap sistem-sistem manajemen kualitas yang ada, yang tidak mampu melakukan peningkatan kualitas secara dramatik menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Banyak sistem manajemen kualitas, seperti MBNQA (*Malcolm Baldrige National Quality Award*), ISO 9000, dan lain-lain, hanya menekankan pada upaya peningkatan terus-menerus berdasarkan kesadaran mandiri dari manajemen, tanpa memberikan solusi ampuh bagaimana terobosan-terobosan seharusnya dilakukan untuk menghasilkan peningkatan kualitas secara dramatik menuju tingkat kegagalan nol. Prinsip-prinsip pengendalian dan peningkatan kualitas *Six Sigma* Motorola mampu menjawab tantangan ini, dan terbukti perusahaan Motorola selama kurang lebih 10 tahun setelah implementasi konsep *Six Sigma* telah mampu mencapai tingkat kualitas 3,4

DPMO (*Defect Per Millon Opportunities*—kegagalan per sejuta kesempatan) (Gasperz, 2002).

Setelah Motorola memenangkan penghargaan MBNQA pada tahun 1988, maka rahasia kesuksesan mereka menjadi pengetahuan publik, dan sejak saat itu program *Six Sigma* yang diterapkan Motorola menjadi sangat terkenal di Amerika Serikat. Dalam suatu seminar sehari tentang “Aplikasi *Six Sigma* Untuk Pengukuran Kinerja Manajemen” di PT Astra International, Tbk. Pada tanggal 14 Desember 2000, diketahui bahwa manajemen Astra sangat antusias dan berkeinginan untuk menerapkan prinsip-prinsip *Six Sigma* (Gasperz, 2002).

2.2.2 Pengertian *Six Sigma*

Menurut Evans & Lindsay (2007), *Six Sigma* merupakan suatu metode peningkatan proses bisnis yang bertujuan untuk menemukan dan mengurangi faktor-faktor penyebab kecacatan dan kesalahan, mengurangi waktu siklus, mengurangi biaya operasi, meningkatkan produktivitas memenuhi kebutuhan pelanggan, mencapai tingkat pendayagunaan aset yang lebih tinggi, serta mendapatkan hasil investasi yang lebih baik dari segi produksi ataupun pelayanan.

Six Sigma dapat didefinisikan dalam berbagai cara. *Six Sigma* adalah mengukur proses, tujuan mendekati sempurna, disajikan dengan 3,4 DPMO (*Defects per Million Opportunities*); sebuah pendekatan untuk mengubah budaya organisasi. Sekalipun demikian, yang paling tepat, *Six Sigma* didefinisikan sebagai sebuah sistem yang luas dan komprehensif untuk membangun dan menopang kinerja, sukses, dan kepemimpinan bisnis (Pande, 2002).

Menurut Gaspersz (2002), *Six Sigma* merupakan suatu metodologi yang menyediakan alat-alat untuk peningkatan proses bisnis dengan tujuan menurunkan varian proses dan meningkatkan kualitas produk secara terus-menerus. Elemen yang paling penting dalam *Six Sigma* adalah memproduksi hanya 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi.

Beberapa konsep penting yang perlu diperhatikan dari filosofi *Six Sigma*, yaitu (Evans & Lindsay, 2007).

1. Selalu berpikir dalam kerangka proses bisnis utama serta kebutuhan pelanggan dan tetap berfokus kepada tujuan strategis perusahaan.

2. Memusatkan perhatian pada para pendukung perusahaan yang bertanggung jawab menyukseskan proyek-proyek penting, mendukung kerja kelompok, membantu mengatasi kegagalan, serta menggalang sumber daya.
3. Menekankan sistem pengukuran yang bisa dikualifikasi, seperti cacat persatu juta kemungkinan (DPMO).
4. Memastikan teridentifikasinya sistem pengukuran awal setiap proses serta memastikan sistem tersebut terfokus pada pencapaian bisnis.
5. Menyediakan pelatihan menyeluruh yang diikuti dengan penugasan tim proyek untuk mengurangi profitabilitas, mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah, serta pengurangan waktu siklus.
6. Menciptakan ahli-ahli peningkatan proses berkualifikasi tinggi yang dapat menerapkan alat untuk meningkatkan kerja.
7. Mencanangkan tujuan jangka panjang untuk perbaikan.

2.2.3 Istilah-Istilah dalam Konsep *Six Sigma* Motorola

Beberapa istilah yang terdapat dalam konsep *Six Sigma* Motorola antara lain (Gasperz, 2002):

1. *Black Belt*. Merupakan pimpinan tim (*team leader*) yang bertanggung jawab untuk pengukuran, analisis, peningkatan dan pengendalian proses-proses kunci yang mempengaruhi kepuasan pelanggan dan atau pertumbuhan produktivitas.
2. *Green Belt*. Serupa dengan *black belt*, kecuali posisinya tidak penuh waktu (*not full-time position*).
3. *Master Black Belt*. guru yang melatih *black belt*, sekaligus menjadi mentor dan atau konsultan proyek *Six Sigma* yang sedang ditangani oleh *Black Belt*.
4. *Champion*. Individu yang berada pada manajemen atas (*top management*) yang memahami *Six Sigma* dan bertanggung jawab atas keberhasilan dari *Six Sigma* itu.
5. *Critical-to-Quality (CTQ)*. Atribut-atribut yang sangat penting diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Merupakan elemen dari suatu produk, proses atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan.
6. *Defect*. Kegagalan untuk memberikan apa yang diinginkan oleh pelanggan.

7. *Defect Per Opportunities* (DPO). Ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan.
8. *Defect Per Millian Opportunities* (DPMO). Ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per sejuta kesempatan.
9. *Process Capability*. Kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *output* sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan. *Process capability* merupakan suatu ukuran kinerja kritis, yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang diterapkan oleh manajemen, berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.
10. *Variation*. Merupakan apa yang pelanggan lihat dan rasakan dalam proses transaksi antara pemasok dan pelanggan itu.
11. *Stable Operation*. Jaminan konsistensi, proses-proses yang dapat diperkirakan dan dikendalikan guna meningkatkan apa yang pelanggan lihat dan rasakan—meningkatkan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan.
12. *Design for Six Sigma* (DFSS). Suatu desain untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan kemampuan proses (*process capability*).
13. *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (DMAIC). Merupakan proses untuk peningkatan terus menerus menuju target *Six Sigma*.
14. *Six Sigma*. Suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kemungkinan (DPMO) untuk setiap transaksi produk. Upaya giat menuju kesempurnaan (*zero scrap*—kegagalan nol).

2.2.4 Konsep *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. Dengan demikian *Six Sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja sistem industri tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok dan pelanggan. 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. 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.

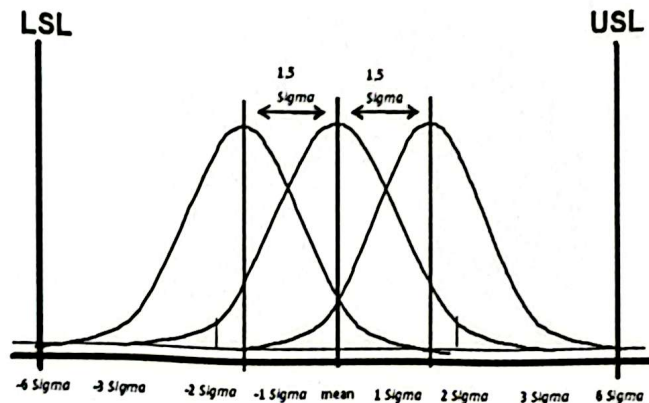
Tabel 2.1. Perbedaan *True Six Sigma* dengan *Motorola Six Sigma*

<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)	<i>Presentation Yang Memenuhi Spesifikasi (LSL-USL)</i>	DPMO (kegagalan/Sejuta Kesempatan)	Batas spesifikasi (LSL-USL)	<i>Presentation Yang Memenuhi Spesifikasi (LSL-USL)</i>	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
$\pm 6 \text{ Sigma}$	99,999998%	0,002	$\pm 6 \text{ Sigma}$	99,9966%	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 sebegus-bagusnya 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* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konsep *Six Sigma*
Sumber: Gaspersz, 2002

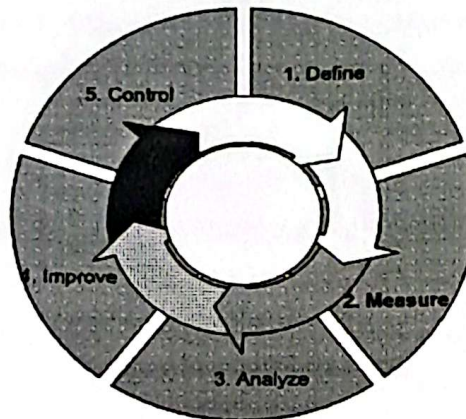
2.2.5 Keuntungan *Six Sigma*

Keuntungan-keuntungan yang dapat diraih dari penerapan metode *Six Sigma* adalah (Pande, 2002):

1. Pengurangan biaya
2. Peningkatan produktivitas
3. Pertumbuhan pangsa pasar
4. Retensi pelanggan
5. Pengurangan waktu siklus
6. Pengurangan *defect* (cacat)
7. Pengembangan produk dan jasa

2.3 Metode DMAIC

Dalam *Six Sigma*, model perbaikan yang digunakan merujuk lima fase yang makin umum dalam organisasi-organisasi *Six Sigma*, yaitu DMAIC yang terdiri dari tahap *Define* (mententukan), *Measure* (ukur), *Analyze* (analisa), *Improve* (tingkatkan), dan *Control* (kendalikan). Model DMAIC ditetapkan pada usaha perbaikan proses maupun pada perancangan atau perencanaan ulang proses (Pande, 2002). Tujuan dari proses DMAIC adalah untuk melangkah dari menemukan permasalahan, mengidentifikasi penyebab masalah, hingga akhirnya menemukan solusi atau cara untuk memperbaiki masalah. Siklus DMAIC dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Model Perbaikan *Six Sigma* DMAIC
 Sumber: Pande, 2002

2.3.1 Tahap *Define*

Define merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini tahap yang perlu dilakukan adalah mendefinisikan beberapa hal yang terkait dengan kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*, pemilihan jenis komponen, proses kunci dalam proyek *Six Sigma* atau yang dikenal dengan diagram SIPOC, serta pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*.

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. Proyek diimplementasikan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan ataupun pelaku proses. Artinya, kita harus menetapkan prioritas utama tentang masalah-masalah dan atau kesempatan-kesempatan peningkatan kualitas mana yang akan ditangani terlebih dahulu.

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 Pembuatan Diagram Aliran Proses Produksi

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-

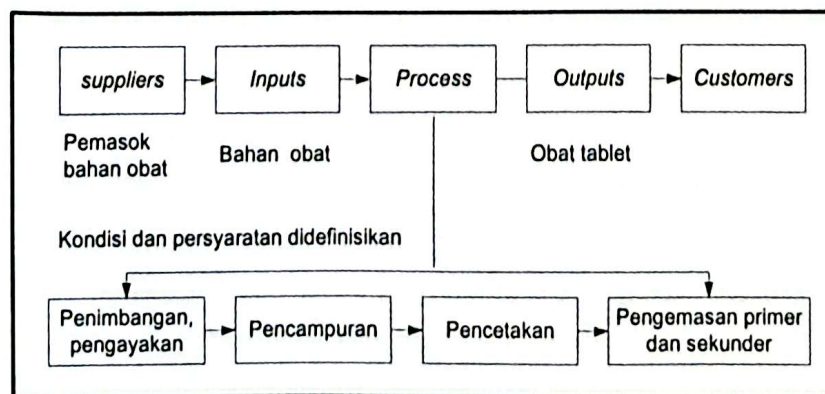
langkah proses dalam situasi yang jelas, disamping tentunya bisa dimanfaatkan untuk melakukan perbaikan-perbaikan dalam desain *layout* fasilitas produk yang ada.

2.3.1.3 Diagram SIPOC

Setiap proyek *Six Sigma* yang dipilih, harus didefinisikan proses-proses kunci, sekuens 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-processes-output-customers*).

1. *Suppliers*, merupakan orang atau 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*).
2. *Inputs*, merupakan segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok kepada proses.
3. *Processes*, merupakan sekumpulan langkah yang mentransformasi dan secara ideal, menambah nilai kepada input.
4. *Outputs*, adalah produk (barang atau jasa) dari suatu proses. Dapat berupa barang jadi ataupun setengah jadi.
5. *Customers*, adalah orang atau kelompok orang, atau sub proses yang menerima *outputs*.

Salah satu contoh dari diagram SIPOC dari proses pembuatan obat tablet pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram SIPOC

Sumber: Gaspersz, 2002

2.3.1.4 Pernyataan Tujuan Proyek *Six Sigma*

Setiap proyek *Six Sigma* yang terpilih, kita harus mendefinisikan isu-isu, nilai-nilai dan sasaran atau tujuan dari proyek itu. Pernyataan tujuan proyek harus ditetapkan untuk setiap proyek *Six Sigma* yang terpilih. Pernyataan proyek *Six Sigma* yang benar apabila telah mengikuti konsep *SMART*, sebagai berikut:

1. *Specific*

Tujuan proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* harus bersifat spesifik yang dinyatakan secara tegas. Tim peningkatan kualitas *Six Sigma* harus menghindari pernyataan-pernyataan tujuan yang bersifat umum dan tidak spesifik.

2. *Measurable*

Tujuan proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* harus dapat diukur menggunakan indikator pengukuran yang tepat guna mengevaluasi keberhasilan, peninjauan ulang dan tindakan perbaikan di waktu mendatang.

3. *Achievable*

Tujuan Peningkatan kualitas *Six Sigma* harus dapat dicapai melalui usaha-usaha yang menantang.

4. *Result-oriented*

Tujuan peningkatan kualitas *Six Sigma* harus berfokus pada hasil-hasil berupa pencapaian target-target kualitas yang ditetapkan, yang ditunjukkan melalui penurunan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*), peningkatan kapabilitas proses dan lain-lain.

5. *Time-bound*

Tujuan peningkatan kualitas *Six Sigma* harus menetapkan batas waktu pencapaian tujuan itu dan harus dicapai secara tepat waktu.

Pernyataan tujuan menggunakan prinsip *SMART* di atas, dimaksudkan untuk:

- a. Melakukan validasi bahwa proyek *Six Sigma* yang akan dilaksanakan itu telah dipahami secara jelas oleh tim peningkatan kualitas *Six Sigma*.
- b. Menguatkan konsensus dan rasa memiliki proyek *Six Sigma* dari anggota-anggota tim, sekaligus bertanggung jawab untuk menyelesaikan masalah.

masalah atau isu-sisu yang telah didefinisikan dan diterapkan dalam proyek *Six Sigma* itu.

- c. Menjamin agar tim peningkatan kualitas *Six Sigma* selalu memfokuskan perhatian pada masalah-masalah atau isu-isu yang spesifik, dalam pengertian tidak terlalu luas maupun terlalu sempit.
- d. Menilai kejelasan data yang akan dikumpulkan dan sekaligus membantu dalam pelaksanaan tahap-tahap berikut dalam proyek *Six Sigma*. Dimana tahapan tersebut adalah DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*).
- e. Menetapkan *baseline* (garis dasar atau titik awal) dari ukuran-ukuran hasil ketika dimulainya proyek *Six Sigma*, sehingga kemajuan dan hasil-hasil proyek *Six Sigma* dapat ditelusuri dan diperbandingkan dengan keadaan permulaan proyek *Six Sigma* itu.

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 pelanggan lah 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, diantaranya:

1. Biaya yang dikeluarkan untuk pengukuran seyogianya tidak lebih besar dari pada manfaat yang diterimanya.
2. Pengukuran harus dimulai pada permulaan *Six Sigma*, berbagai masalah yang berkaitan dengan kualitas beserta kesempatan-kesempatan untuk meningkatkannya harus dirumuskan secara jelas.

3. Pengukuran harus sederhana serta memunculkan data yang mudah untuk digunakan, mudah dipahami dan mudah untuk melaporkannya.
4. Pengukuran harus dilakukan pada sistem secara keseluruhan yang menjadi ruang lingkup proyek *Six Sigma*.
5. Karakteristik kualitas yang dalam proyek *Six Sigma* disebut sebagai CTQ yang diukur setelah dipahami secara jelas terutama mengenai keterkaitan CTQ itu dengan sasaran proyek *Six Sigma*.
6. Pengukuran harus diterima dan dipercaya sebagai sah (*valid*) oleh mereka yang menggunakannya. Hal ini berarti data yang dihasilkan harus akurat.
7. Pengukuran harus melibatkan semua individu yang berada dalam proses yang terlibat dalam program *Six Sigma*.
8. Umpan balik harus diberikan pada waktu yang tepat kepada operator dan manajer, agar kinerja dapat disesuaikan untuk menuju sasaran proyek *Six Sigma*.
9. Pengukuran harus mengandung hal-hal yang bermakna serta terperinci agar dapat digunakan dan dipahami oleh mereka yang terlibat dan berkepentingan dengan proyek *Six Sigma*.
10. Pengukuran harus berfokus pada tindakan korektif dan peningkatan bukan sekedar pada pemantauan dan pengendalian.

2.3.2.2 Pengukuran *Baseline*

Dalam menghitung level *Sigma*, ada langkah-langkah yang harus dilakukan sebelum menentukan level *Sigma* tersebut, yaitu (Pande, 2002):

1. Unit (U)

Merupakan jumlah *part*, *sub assembly* atau sistem yang diukur atau diperiksa, sebuah item yang sedang diproses, atau produk atau jasa akhir yang sedang dikirim ke pelanggan.

2. *Opportunity* (OP)

Karakteristik yang diperiksa atau diukur, dalam hal ini yang digunakan adalah *Critical To Quality* (CTQ). Karena sebagian besar produk atau jasa memiliki banyak persyaratan pelanggan, maka ada beberapa peluang untuk memiliki cacat.

3. Defect

Merupakan sesuatu yang diupayakan untuk dikurangi melalui program *Six Sigma*. Suatu kegagalan untuk memenuhi persyaratan pelanggan atau kinerja standar seperti kurang solder, PCB pecah, *parts* hilang dan sebagainya.

4. Defect per unit (DPU)

Ukuran ini merefleksikan jumlah rata-rata dari *defect*, semua jenis, terhadap jumlah total unit dari unit yang dijadikan sampel. Besarnya *defect per unit* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$DPU = \frac{D}{U} \dots\dots\dots \text{Rumus 1}$$

5. Total Opportunity (TOP)

Besarnya *Total Opportunity* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini: $TOP = U \times OP \dots\dots\dots$ Rumus 2

6. 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: $DPO = \frac{DPU}{O} = \frac{D}{TOP} \dots\dots\dots$ Rumus 3

7. Defect Per Million Opportunity (DPMO)

Mengindikasikan berapa banyak *defect* akan muncul jika ada satu juta peluang. Ukuran-ukuran peluang *defect* yang diterjemahkan dalam format DPMO. Besarnya *Defect Per Million Opportunity* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini: $DPMO = DOP \times 10^6 \dots\dots\dots$ Rumus 4

8. Sigma level

Nilai *Sigma* didapat dengan cara mengkonversikan nilai DPMO ke dalam tabel *Sigma* (terlampir).

2.3.3 Tahap Analyze

Tahap *analyze* merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap perlu dilakukan beberapa hal berikut ini: (1) menentukan stabilitas (*stability*) dan kapabilitas proses, (2) menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*, (3)

mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan, (4) mengkonversikan banyak kegagalan ke dalam biaya kegagalan kualitas (*cost of poor quality*).

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*. 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). Penulis meniadakan *how much* (berapa) disebabkan tidak adanya perhitungan biaya dalam batasan masalah. Penggunaan metode 5W+1H dijelaskan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Penggunaan Metode 5W+1H untuk Pengembangan Rencana Tindakan

Jenis	5W+1H	Deskripsi	Tindakan
Tujuan utama	<i>What</i> (Apa)?	Apa yang menjadi target utama dari perbaikan atau peningkatan kualitas?	Merumuskan target sesuai dengan kebutuhan pelanggan.
Metode	<i>How</i> (Bagaimana)?	Bagaimana mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu?	Menyederhanakan aktivitas-aktivitas rencana tindakan yang ada.
		Apakah metode yang digunakan sekarang, merupakan metode terbaik?	
		Apakah ada cara lain yang lebih mudah?	
Alasan kegunaan	<i>Why</i> (Mengapa)?	Mengapa rencana tindakan itu diperlukan?	Merumuskan target sesuai dengan kebutuhan pelanggan.
		Penjelasan tentang kegunaan dari rencana tindakan yang dilakukan.	
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> (Bilamana)?	Bila mana 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*

Fase pengendalian berfokus pada bagaimana menjaga perbaikan agar terus berlangsung, termasuk menempatkan perangkat pada tempatnya untuk meyakinkan agar variabel utama tetap berada dalam wilayah maksimal yang dapat diterima dalam proses yang sedang dimodifikasi. Perbaikan ini bisa saja termasuk menentukan standar serta prosedur baru, mengadakan pelatihan untuk karyawan, serta mencanangkan sistem pengendalian untuk meyakinkan agar perbaikan tidak lekang oleh waktu. Bentuk pengendalian bisa sesederhana daftar periksa (*checksheet*) atau pemeriksaan berkala untuk meyakinkan bahwa prosedur yang benar telah diikuti, atau penerapan diagram pengendalian proses statistik untuk memonitor kinerja cara pengukuran yang terpenting (Evans & Lindsay, 2007).

2.4 *Tools Six Sigma*

Pengendalian kualitas dilakukan dengan menggunakan alat pengendalian yang biasa disebut dengan *Seven Tools*. *Seven Tools* ini merupakan alat statistik untuk mencari akar permasalahan kualitas terhadap produk yang mengalami cacat, serta dapat mengetahui penyebab-penyebab terjadinya cacat. Tujuh alat pengendalian kualitas terdiri dari lembar periksa (*check sheet*), Diagram Pareto, Diagram Sebab Akibat (*Cause Effect Diagram*), Histogram, Diagram Tebar, Stratifikasi dan Peta Kendali atau *control* (Irwan, 2015).

Dalam tugas akhir ini alat yang digunakan hanya 3 macam, yaitu peta kendali untuk data atribut, diagram pareto, dan diagram sebab akibat untuk menganalisis masalah yang diteliti.

2.4.1 Peta Kontrol atau Kendali (*Control Chart*)

Menurut Purnomo (2004), peta kontrol merupakan alat untuk mengawasi kualitas dengan mudah untuk menentukan keputusan apa yang harus diambil jika terjadi produk menyimpang. Peta kontrol ditentukan juga untuk membuat batas-batas dimana hasil produksi menyimpang dari mutu yang diinginkan. Selain penyimpangan kualitas, juga banyak variasi suatu produk yang perlu diawasi. Jika variasi kecil, maka produk yang dibuat nampak tidak ada perbedaan atau serupa.

Makin besar variasi tentunya produk kurang baik. Faktor penyebab variasi adalah sebagai berikut:

1. Proses. Yang termasuk faktor proses adalah alat produksi, getaran mesin, posisi alat, fluktuasi aliran listrik, dan lain-lain.
2. Bahan baku yang tidak sama kualitasnya. Misalnya, kadar air dalam tepung, elastis benang, kekerasan kayu, dan sebagainya.
3. Operator. Tingkat keterampilan dan tingkat pemahaman terhadap petunjuk operasi masing-masing operator tidak sama sehingga mempengaruhi hasil produksi. Selain itu keadaan psikologi karyawan tersebut juga mempengaruhi dalam bekerja.
4. Faktor lain yang sering menimbulkan sumber variasi adalah lingkungan kerja, antara lain temperatur ruangan, kebisingan, pencahayaan, kelembaban, bau-bauan, dan sebagainya.

Pengelompokkan jenis-jenis peta kendali tergantung pada tipe datanya. Gaspersz (1998) menjelaskan bahwa dalam konteks pengendalian proses statistikal dikenal dua jenis data, yaitu:

- a. Data Variabel (*Variables Data*), merupakan data kuantitatif yang diukur untuk keperluan analisis. Contoh dari data variabel karakteristik kualitas adalah diameter pipa, ketebalan produk kayu lapis, berat semen dalam kantong, dan lain-lain. Ukuran-ukuran berat, panjang, lebar, tinggi, diameter, volume biasanya merupakan data variabel.
- b. Data Atribut (*Attributes Data*), merupakan data kualitatif yang dapat dihitung untuk pencatatan dan analisis. Contoh dari data atribut karakteristik kualitas adalah ketiadaan label pada kemasan produk, banyaknya produk kayu lapis yang cacat karena *corelap*, dan lain-lain. Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk unit-unit *non-conforms* atau ketidaksesuaian dengan spesifikasi atribut yang ditetapkan.

Tabel 2.3. Jenis dan Kegunaan Peta Kendali

No.	Type	Jenis Peta Kendali	Kegunaan
1.	Atribut	Peta kendali p	Untuk proporsi kesalahan baik sub grup yang diamati sama (konstan) maupun berbeda
		Peta kendali np	Untuk jumlah proporsi kesalahan (cacat) dalam sub grup yang sama
		Peta kendali c	Untuk cacat sub grup dengan jumlah sampel sama (konstan)
		Peta kendali u	Untuk jumlah cacat sub grup dengan jumlah sampel konstan dan berbeda
2.	Variabel	Peta kendali \bar{x} -bar R	Untuk rata-rata sub grup dan range sub grup
		Peta kendali \bar{x} -bar S	Untuk rata-rata sub grup dan standar deviasi sub grup

Sumber: Irwan, 2015

Peta yang digunakan dalam tugas akhir yaitu peta kontrol atau kendali p (*p-chart*) yang digunakan untuk mengendalikan proporsi dari item-item yang tidak memenuhi syarat spesifikasi yang ditetapkan yang berarti dikategorikan cacat. Untuk itu definisi operasional secara tepat tentang apa yang dimaksud ketidaksesuaian atau apa yang dimaksud cacat sangatlah penting dan harus dipahami oleh setiap pengguna peta kontrol atau kendali p.

Perhitungan statistik untuk peta kendali p menurut buku "*Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif)*" (Irwan, 2015), langkah-langkah pembuatan peta kontrol atau kendali p (proporsi unit yang cacat) adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan ukuran contoh atau subgrup yang cukup besar ($n > 30$)
- 2) Kumpulkan banyaknya subgrup (k), yaitu 20–25 subgrup
- 3) Hitung untuk setiap subgrup nilai proporsi unit yang cacat, yaitu:

$$p = \frac{\text{Jumlah ukuran cacat}}{\text{Ukuran sub grup}} \dots\dots\dots \text{Rumus 5}$$

- 4) Hitung rata-rata dari p, yaitu:

$$\bar{p} = \frac{\text{Total cacat}}{\text{Total inspeksi}} \dots\dots\dots \text{Rumus 6}$$

5) Hitung batas kendali untuk peta kontrol atau kendali p:

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots \text{Rumus 7}$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots \text{Rumus 8}$$

Plot data proporsi atau persentase unit cacat dan amati apakah data itu berada dalam pengendalian atau tidak berada dalam pengendalian.

2.4.2 Diagram Pareto (*Pareto Chart*)

Menurut Mitra (1993) dalam buku karangan Irwan dan Didi Haryono (2015) yang berjudul Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif), diagram Pareto adalah diagram batang yang disusun untuk menggambarkan masalah utama menurut bobotnya, dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Karena diagram Pareto mengidentifikasi masalah menurut bobotnya, masalah yang memiliki bobot besar atau yang dominan dapat diprioritaskan penyelesaiannya. Dengan memakai diagram Pareto ini juga, kita dapat mengkonsentrasikan arah penyelesaian masalah, maka dari itu diagram Pareto merupakan langkah pertama dalam melakukan perbaikan atau penyelesaian. Kegunaan-kegunaan diagram pareto adalah sebagai berikut (Ishikawa, 1989):

1. Menunjukkan jenis persoalan utama.
2. Membandingkan masing-masing jenis persoalan terhadap keseluruhan.
3. Menunjukkan tingkat perbaikan setelah tindakan perbaikan pada daerah yang terbatas.
4. Membandingkan hasil perbaikan masing-masing jenis persoalan sebelum dan setelah perbaikan.

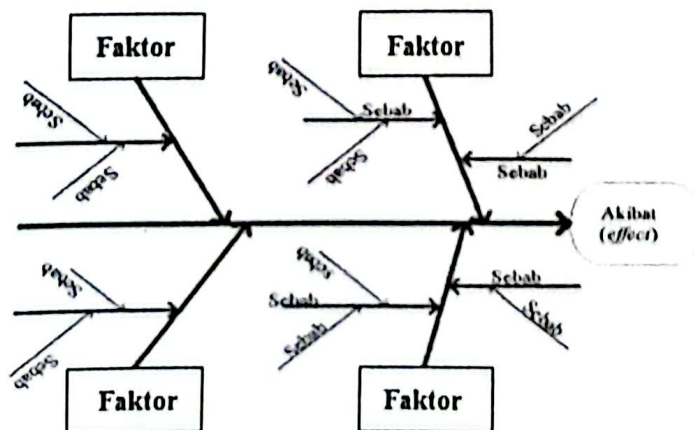
Diagram Pareto digunakan untuk mengklasifikasikan masalah menurut sebab dan gejalanya. Masalah didiagramkan menurut prioritas atau tingkat kepentingannya, dengan menggunakan formal grafik batang, dimana 100% menunjukkan kerugian total. Prinsip yang mendasari diagram ini (Tjijtono, 2001) adalah aturan '80-20' yang menyatakan bahwa '80% of the trouble comes from 20% of the problem' (bahwa sekitar 80% dari masalah disebabkan oleh 20% dari penyebab).

Proses penyusunan Diagram Pareto adalah sebagai berikut (Mitra, 1993 dan Besterfield, 1998) dalam buku Irwan dan Didi Haryono (2015):

- a. Menentukan metode atau arti dari pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab, jenis ketidaksesuaian, dan sebagainya.
- b. Menentukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik-karakteristik tersebut, misalnya rupiah, frekuensi, unit, dan sebagainya.
- c. Mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan.
- d. Menghitung frekuensi kumulatif atau presentase kumulatif yang digunakan.
- e. Menggambar diagram batang, menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing masalah. Mengidentifikasi beberapa hal yang penting untuk mendapat perhatian.

2.4.3 Diagram Sebab-Akibat (*Cause-Effect Diagram*)

Diagram sebab-akibat yang sering disebut dengan diagram tulang ikan (*Fishbone*) yang bertujuan untuk memperlihatkan faktor-faktor yang berpengaruh pada kualitas hasil atau dengan kata lain diagram ini dipergunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab dan akibat yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu. Prinsip yang dipakai untuk membuat diagram sebab-akibat ini adalah *brainstorming*. Diagram sebab akibat dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.5 Diagram Sebab Akibat
Sumber: Ishikawa, 1989

Diagram sebab-akibat ini menunjukkan 5 faktor yang disebut sebagai sebab dari suatu akibat. Kelima faktor itu adalah manusia atau tenaga kerja (*Man*), metode (*Method*), bahan (*Material*), mesin (*Machine*), Lingkungan (*Environment*). Menurut Ishikawa (1989), langkah-langkah pembuatan diagram sebab-akibat adalah sebagai berikut:

- a. Tentukan masalah yang akan diamati atau diperbaiki, dan usahakan adanya ukuran untuk masalah tersebut sebagai perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan dilakukan. Gambarkan panah utama secara mendatar dengan kotak di ujung kanannya dan tulis masalah yang akan diamati atau diperbaiki di dalam kotak tersebut.
- b. Cari faktor utama yang berpengaruh atau mempunyai akibat pada masalah atau sesuatu tersebut. Tuliskan faktor-faktor tersebut di dalam kotak yang telah dibuat di atas dan di bawah panah utama yang mendatar. Kemudian tariklah panah dari masing-masing kotak ke arah panah utama yang mendatar.
- c. Carilah lebih lanjut faktor-faktor yang lebih terperinci (faktor-faktor sekunder) yang berpengaruh atau mempunyai akibat pada faktor utama. Tulislah faktor-faktor sekunder tersebut di dekat atau pada panah yang menghubungkannya dengan penyebab utama.
- d. Dari diagram yang sudah lengkap, carilah penyebab-penyebab utama dengan menganalisa data yang ada, dan buatlah urutannya dengan memakai diagram Pareto. Bila analisa data tidak dapat dilakukan, pilihlah faktor-faktor yang diduga sangat berpengaruh dan ambil suara (*voting*) untuk menentukan urutannya serta gambarkan diagram.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan cara berpikir dan berbuat yang telah dipersiapkan secara matang dalam rangka mencapai tujuan penelitian, yaitu menemukan, mengembangkan atau mengkaji kebenaran suatu pengetahuan secara ilmiah. Dalam bab ini akan diuraikan langkah-langkah dalam penyelesaian masalah yang akan dihadapi agar mendapatkan suatu analisis yang baik. Langkah-langkah metodologi penelitian pemecahan masalah pada Tugas Akhir ini dimulai dari studi pendahuluan untuk mengidentifikasi masalah pada perusahaan yang menjadi objek penelitian, yaitu PT Braja Mukti Cakra. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian untuk dilakukan pengolahan data. Kemudian dilakukan analisis data dan penelitian akan diakhiri dengan perumusan kesimpulan serta saran-saran yang dapat diterapkan oleh perusahaan.

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan obyek yang akan diteliti. Informasi tersebut nantinya akan menjadi dasar dalam melakukan analisis dan pemecahan masalah. Data yang diperoleh berasal dari sumber-sumber asli. Sumber asli disini diartikan data yang bersumber dari pengamatan secara langsung di perusahaan tanpa perantara, dapat berupa opini secara individual atau kelompok atau merupakan hasil observasi. Adapun data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung dari objeknya, tetapi melalui sumber lain, baik lisan maupun tulis. Pengumpulan data-data tersebut meliputi:

1. Data SIPOC (*Suppliers – Inputs – Processes – Outputs – Customer*)
2. Data Produksi *Brake Drum* Hino 4620A
3. Data *defect Brake Drum* Hino 4620A
4. Jenis *defect Brake Drum* Hino 4620A
5. Gambaran umum PT Braja Mukti Cakra
6. Visi dan Misi perusahaan

7. Lokasi atau tempat berdirinya perusahaan
8. Struktur Organisasi PT Braja Mukti Cakra
9. Produk yang dihasilkan
10. Alur Proses Produksi *Die Casting*

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung dalam penyelesaian permasalahan yang dihadapi perusahaan. Pengumpulan data didapat dengan melakukan penelitian di lantai produksi dan data yang diberikan oleh perusahaan. Dalam melakukan pengumpulan data, terdapat beberapa metode yang digunakan yaitu:

1. *Field Research* (Penelitian Lapangan)

Penelitian lapangan merupakan pengamatan langsung terhadap kegiatan produksi, khususnya pada proses *die casting* untuk *Brake Drum* Hino 4620A.

2. *Library Research* (Penelitian Kepustakaan)

Penelitian dilakukan dengan cara melakukan pembelajaran terlebih dahulu mengenai teori-teori melalui buku teks, *literature* serta catatan-catatan yang diperoleh pada saat bangku kuliah yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas pada tugas akhir ini, dan beberapa sumber lainnya yang relevan serta mendukung penelitian ini seperti *hand book* dan jurnal.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan para karyawan dan operator yang terlibat langsung pada proses *die casting*. Yaitu dengan mengajukan pertanyaan yang berhubungan dengan permasalahan diproses *die casting* pada produksi *Brake Drum* Hino 4620A di PT Braja Mukti Cakra.

4. *Brainstroming*

Brainstroming dilakukan dengan bertukar informasi dengan pihak terkait perusahaan untuk menghasilkan ide-ide yang dapat digunakan sebagai solusi terhadap permasalahan yang dihadapi perusahaan.

3.3 Teknik Analisis

Langkah-langkah dalam metodologi pemecahan masalah ini dimulai dari studi lapangan pada perusahaan. Langkah-langkah tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.3.1 Studi Lapangan

Maksud dari studi lapangan adalah untuk melihat permasalahan dengan lebih jelas. Hal ini perlu dilakukan mengingat bahwa penelitian yang dilakukan adalah meneliti secara langsung di tempat kerja khususnya di bagian produksi PT Braja Mukti Cakra. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dalam perusahaan terutama pada bagian produksi.

3.3.2 Studi Pustaka

Setelah melakukan studi lapangan, tahap selanjutnya adalah studi pustaka. Studi pustaka digunakan sebagai landasan teori dari penelitian. Landasan teori yang digunakan harus dapat membantu penelitian dan permasalahan yang sedang dihadapi. Studi pustaka dalam tugas akhir ini berkaitan dengan kualitas, penegndalian kualitas, alat pengendali kualitas, dan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

3.3.3 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah melakukan studi pendahuluan serta studi pustaka, maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi dan merumuskan masalah. Untuk tahap ini, telah diuraikan pada BAB I.

3.3.4 Tujuan Penelitian

Setelah melakukan identifikasi dan perumusan masalah, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan dari penelitian ini. Tujuan penelitian telah disebutkan pada BAB I.

3.3.5 Pengumpulan Data

Setelah melakukan identifikasi masalah dan menentukan tujuan penelitian maka tahap selanjutnya adalah pengumpulan data untuk membantu pengolahan data. Kemudian data tersebut digunakan untuk memberikan informasi sebagai dasar dalam analisis dan pemecahan masalah.

3.3.6 Pengolahan Data

Pada tahap ini dijelaskan tahap-tahap dalam mengolah data terhadap data yang telah diambil dari tahap pengumpulan data, dengan menggunakan metode DMAIC yang dipilih guna memecahkan masalah secara baik dan terencana. Adapun langkah-langkah dalam penerapan metode DMAIC sebagai berikut:

1. Tahap *Define*

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

a. Pemilihan dan penentuan proyek

Pemilihan dan penentuan proyek dilakukan dengan memprioritaskan masalah-masalah peningkatan kualitas mana yang harus ditangani terlebih dahulu. Hal tersebut ditentukan berdasarkan jumlah *defect* terbesar pada proses *die casting*. Setelah mendapatkan lini produksi yang akan diteliti, selanjutnya menentukan model produk yang akan diteliti berdasarkan jumlah *defect* terbesar.

b. Membuat diagram alir proses produk

Diagram alir proses produk dibuat untuk mengetahui proses produksi dari produk yang diteliti dari awal hingga terbentuk *finish good*.

c. Pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*

Rencana dan tujuan proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* yang dibuat berdasarkan produk yang diteliti.

2. Tahap *Measure*

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

a. Mendefinisikan CTQ (*Critical To Quality*)

Setelah proyek *Six Sigma* didefinisikan, kemudian karakteristik kunci dari produk yang diteliti juga harus didefinisikan. CTQ (*Critical To Quality*) merupakan kriteria karakteristik kualitas yang menimbulkan dan atau memiliki potensi untuk menimbulkan kegagalan atau

kecacatan. CTQ dalam penelitian ini dipilih berdasarkan jenis *defect* terbesar yang terjadi.

b. Pembuatan Peta Kendali

Proses kerja akan dikatakan terkendali apabila data yang diplotkan berada dalam batas-batas kontrol. Jika data yang diplotkan berada diluar batas kontrol yang telah ditetapkan pada salah satu peta maka proses kerja yang berlangsung perlu segera dianalisa dan dikoreksi.

c. Perhitungan DPMO (*Defect per Million Opportunities*) dan *Level Sigma*

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai DPMO untuk mengetahui seberapa besar *defect* yang terjadi dari satu juta kemungkinan yang ada dan dilakukan pengkonversian nilai DPMO ke *Level Sigma* untuk mengetahui pada tingkat berapa proses tersebut berada.

3.3.7 Analisis dan Pembahasan

Analisis yang dilakukan yaitu menganalisis *Level Sigma* perusahaan sebelum implementasi dan sesudah implementasi, dan CTQ (*Critical To Quality*). Analisis masalah dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data yang sudah dilakukan untuk memberikan gambaran yang jelas terhadap penyebab terjadinya kecacatan dan akibat yang ditimbulkannya. Setelah melakukan analisis terhadap masalah yang ada, maka dilakukan pencarian solusi yang tepat untuk langkah perbaikan pada pembahasan masalah.

1. Tahap *Analyze*

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap proses yang bermasalah untuk menjadi prioritas perbaikan. Hal tersebut dilakukan dengan mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab masalah. Adapun aktivitas yang dilakukan pada tahap ini yaitu:

- a. Menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*.
- b. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan dengan membuat diagram sebab-akibat (*Fishbone Diagram*).

2. Tahap *Improve*

Tahap *Improve* merupakan tahap perbaikan terhadap masalah yang paling berpengaruh dalam proses. Pada tahap perbaikan ini diusulkan solusi seleksi perbaikan dalam usaha untuk memenuhi target perbaikan kualitas. Adapun tindakan korektif yang akan diambil, untuk mengurangi perbedaan antara performansi yang ada dalam proses, dan target yang ingin dicapai dalam rangka perbaikan kualitas adalah dengan menggunakan metode 5W+1H.

3. Tahap *Control*

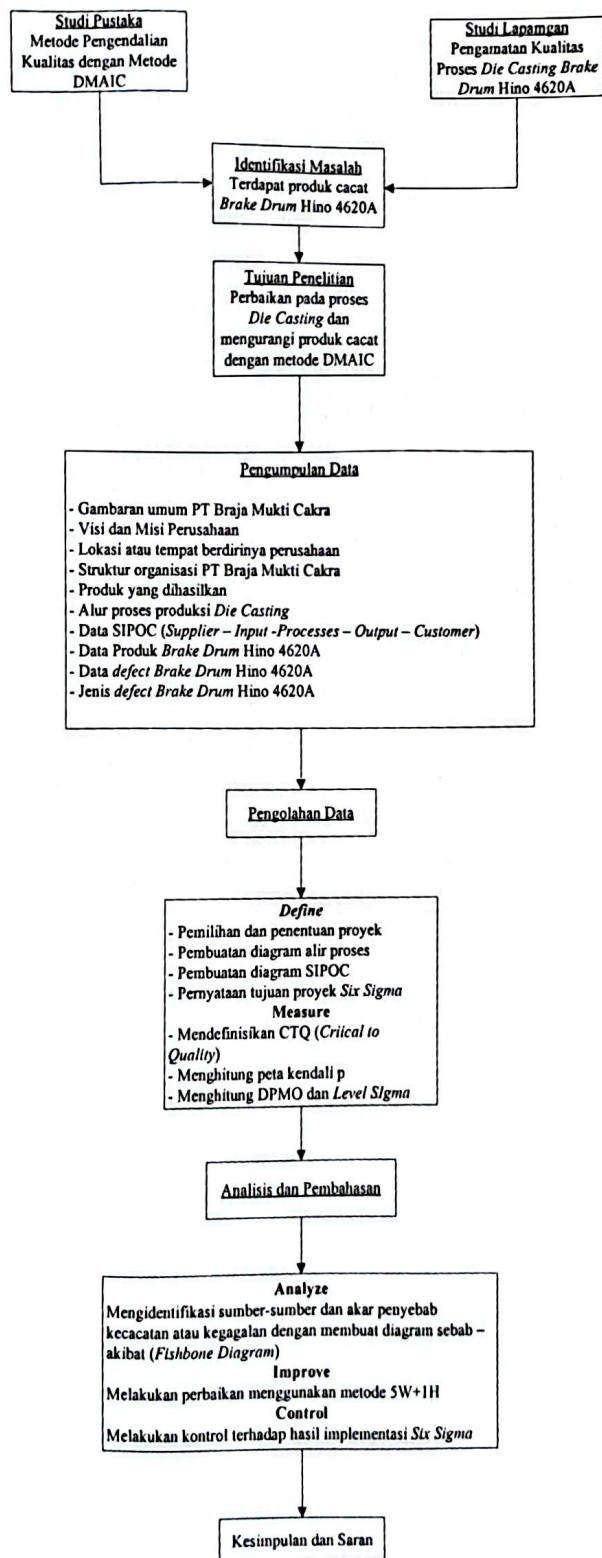
Tahap *Control* merupakan tahap terakhir dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini akan dilakukan pengontrolan terhadap hasil implementasi. Pengontrolan dilakukan dengan cara membuat peta kendali untuk melihat apakah proses produksi dengan menggunakan perbaikan terkendali secara statistik atau tidak. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai DPMO dan *Level Sigma* setelah perbaikan. Nilai-nilai tersebut dibandingkan sebagai indikator berhasil atau tidaknya usulan perbaikan dan implementasi dari proyek *Six Sigma*.

3.3.8 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan yang merupakan jawaban dari tujuan penelitian serta memberikan solusi pemecahan untuk perbaikan serta peningkatan kualitas secara kontinyu berdasarkan implementasi DMAIC yang dapat diterapkan oleh perusahaan. Selain itu peneliti memberikan saran-saran yang dapat dipertimbangkan bagi penelitian selanjutnya maupun bagi perusahaan.

3.3.9 Kerangka Pemecahan Masalah

Teknik analisis data yang telah dijelaskan dapat digambarkan menjadi suatu kerangka pemecahan masalah yang merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Berikut adalah gambar kerangka pemecahan masalah dalam penelitian pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Kerangka Pemecahan Masalah

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Tujuan pengumpulan data untuk mengetahui gambaran dari perusahaan. PT Braja Mukti cakra dimulai dari gambaran umum perusahaan, lokasi perusahaan, visi dan misi perusahaan, struktur organisasi dan *job description*, tata letak pabrik, ketenagakerjaan, alur proses produksi, serta data jumlah cacat dan jenis cacat pada proses *die casting* yang akan menjadi bahan penelitian Tugas Akhir ini.

4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Braja Mukti Cakra didirikan pada 24 Januari 1986 dan mulai beroperasi pada 1987 dengan status penanam modal dalam negeri (PMDN) atas prakarsa bersama PT Bakrie Tosanjaya. Perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran logam (*foundry*) yang merupakan anak perusahaan PT *Bakrie & Brother*, dengan PT Krama Yudha Tiga Berlian Motors sebagai agen tunggal pemegang merk kendaraan mitsubishi di Indonesia.

PT Braja Mukti Cakra merupakan perusahaan dengan produk utama komponen otomotif yang terdiri dari *Brake Drum, Hub, Fly Wheel, Pressure Plate, Disc Brake, Knuckle*. Kerjasama ini mendapat dukungan penuh dari perusahaan PT Bakrie Tosanjaya yang menguasai teknologi pengecoran logam serta PT Krama Yudha Ratu Motors yang memiliki akses terhadap teknologi industri komponen otomotif. PT Braja Mukti Cakra ditargetkan menghasilkan produk yang presisi berupa komponen otomotif dengan standar kualitas perakitan otomotif di Indonesia.

PT Braja Mukti Cakra dapat mencapai kualitas *Original Equipment Manufacturing* (OEM) berkat kerjasama yang baik dalam bentuk panduan teknis terpadu. PT Braja Mukti Cakra dengan PT Krama Yudha Tiga Berlian Motors menghasilkan manajemen produksi berstandar internasional yang menjami mutu kinerja dan produk-produk. Kendali Mutu Total (*Total Quality Qontrol*) dan *keizen* (peningkatan kerja) adalah bagian dari proses produksi yang selalu diterapkan secara konsisten. Sistem tersebut menjamin kualitas maupun efisiensi dalam proses

produksi, sehingga menghasilkan produk berkualitas OEM yang dapat memenuhi persyaratan pelanggan, antara lain memenuhi spesifikasi dan penyerahan tepat waktu.

PT Braja Mukti Cakra juga sangat selektif dalam menetapkan jam kerja karyawannya. Tujuan dari diterapkannya jam kerja tersebut adalah untuk keefektifan dan keefisienan jam kerja sehingga mampu mendongkrak nilai- nilai produktif tanpa mengabaikan kedisiplinan.

4.1.2 Lokasi Perusahaan

PT Braja Mukti Cakra merupakan perusahaan yang mempunyai lokasi pabrik dan kantor pada satu tempat. Berikut ini alamat perusahaan PT Braja Mukti Cakra:

Jl. Desa Harapan Kita No. 4 Harapan Jaya

Bekasi Utara, Jawa Barat, Indonesia

Telepon 021 – 887 1836

Fax 021 – 887 1835

Berikut foto pabrik dan kantor perusahaan yang dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.1 Perusahaan PT Braja Mukti Cakra
(Sumber: PT Braja Mukti Cakra)

4.1.3 Visi dan Misi Perusahaan

PT Braja Mukti Cakra memiliki visi dan misi yang ingin dicapai perusahaan di masa depan yang mampu menjamin kesinambungan dan kesuksesan perusahaan

dalam jangka panjang. Untuk kelancaran berjalannya suatu perusahaan Visi dan Misi merupakan hal yang sangat penting. Berikut adalah Visi dan Misi PT Braja Mukti Cakra:

1. Visi Perusahaan

TO BE A GLOBAL PARTS MAKER, yang memiliki arti diakui dunia sebagai produsen komponen.

2. Misi Perusahaan

BEING A GOOD PARTNER FOR STAKEHOLDERS WITH EXELENT QSV (QUALITY, SERVICE, VALUE), yang memiliki arti menjadi mitra yang baik bagi pemangku kepentingan dengan KPN (Kualitas, Pelayanan dan Nilai) yang prima.

Selain memiliki Visi dan Misi, PT Braja Mukti Cakra juga memiliki nilai-nilai inti (*core value*) yang harus dijaga dan dijalankan perusahaan agar dapat membangun gambaran positif konsumen terhadap perusahaan. Adapun nilai-nilai inti perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Pemilahan (*seiri*)

Membedakan antara yang diperlukan dengan yang tidak diperlukan serta membuang yang tidak diperlukan: “Singkirkan barang-barang yang tidak diperlukan dari tempat kerja”. Memilah-milah semua benda maupun peraturan, melakukan pengelompokan, termasuk menyingkirkan semua benda yang tidak diperlukan oleh kegiatan produksi maupun administrasi yang sedang berlangsung.

2. Penataan (*seiton*)

Menentukan tata letak yang tertata rapi sehingga kita selalu menemukan barang atau benda-benda yang diperlukan dengan rapi, sehingga mudah ditemukan, mudah dikendalikan, aman dan tersedia dalam jumlah yang cukup.

3. Pembersihan (*seiso*)

Menghilangkan sampah kotoran dan barang asing untuk memperoleh tempat kerja yang lebih bersih. Pembersihan dengan cara inspeksi: “Bersihkan segala sesuatu yang ada di tempat kerja”. Menghilangkan

segala bentuk kotoran yang dapat menghambat segala bentuk proses produksi maupun administrasi.

4. Perawatan (*seiketsu*)

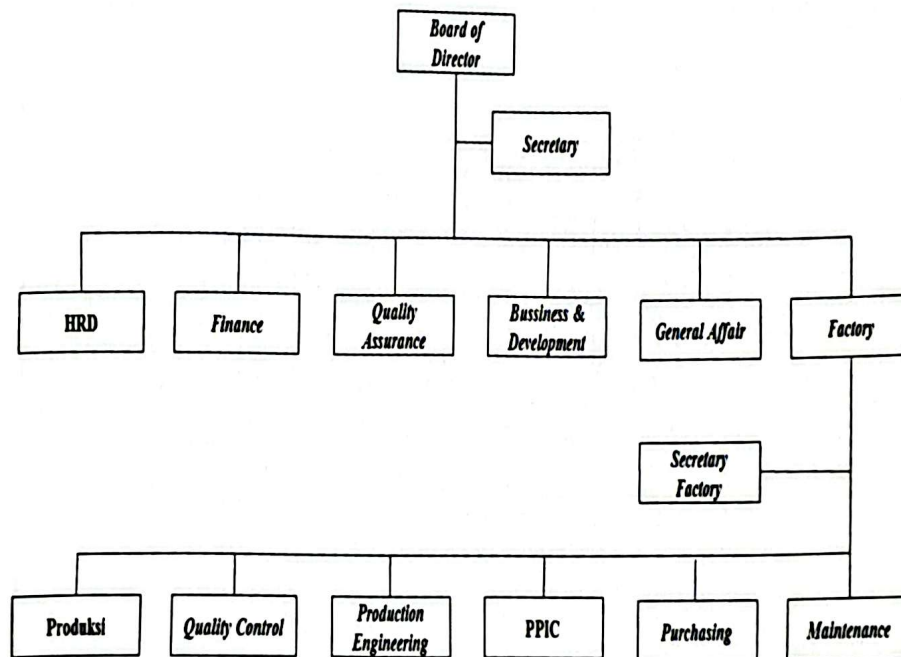
Memelihara barang dengan teratur, rapi dan bersih juga dalam aspek personal dan kaitannya dengan polusi: “Semua orang memperoleh informasi yang dibutuhkannya di tempat kerja, tepat waktu”. Perawatan adalah suatu kegiatan dimana semua kegiatan pemilahan, penataan dan pembersihan terjaga dengan baik sesuai standar yang berlaku.

5. Pembiasaan (*shitsuke*)

Melakukan sesuatu dengan benar sebagai kebiasaan: “Lakukan apa yang harus dilakukan dan jangan melakukan apa yang tidak boleh dilakukan”. Pembiasaan adalah disiplin dalam melakukan pekerjaan secara terus-menerus sesuai standar.

4.1.4 Struktur Organisasi Perusahaan

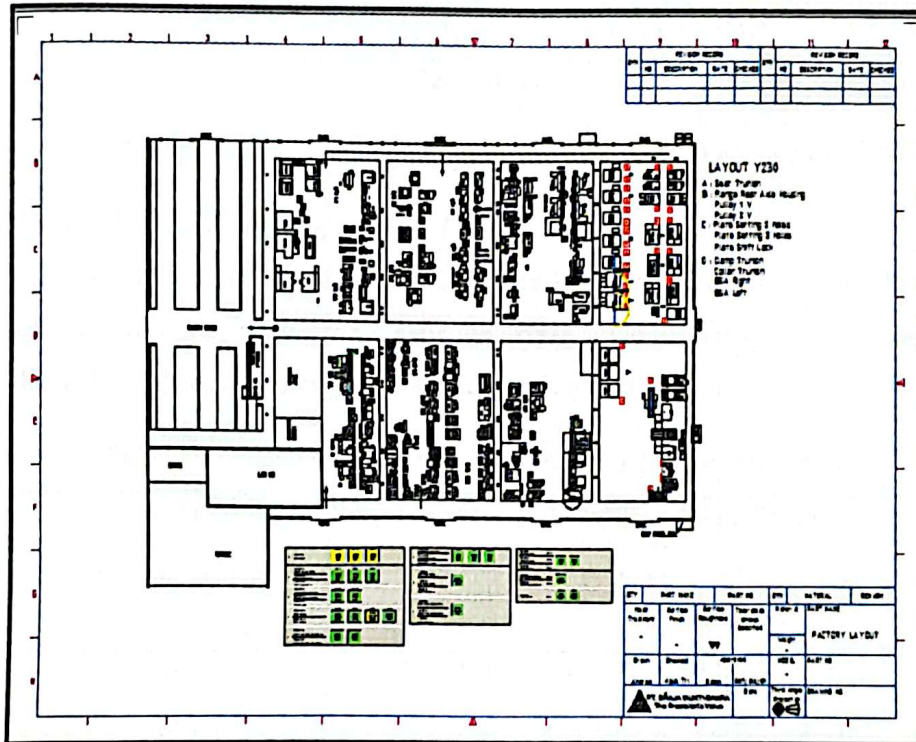
Struktur organisasi perusahaan merupakan suatu susunan yang menggambarkan dengan jelas hubungan tiap bagian dan posisi yang ada pada perusahaan dalam menjalankan kegiatan untuk mencapai tujuan. Struktur organisasi ini akan mencerminkan karakteristik perusahaan yang terlihat secara jelas dan struktur. Struktur organisasi yang terdiri dari anggota perusahaan pada masing-masing bagian baik itu atasan maupun bawahan sesuai tugas dan tanggung jawab masing-masing sehingga dapat merumuskan maupun menjalankan rencana kerja perusahaan yang handal. Struktur organisasi PT Braja Mukti Cakra adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT Braja Mukti Cakra
(Sumber: PT Braja Mukti Cakra)

4.1.5 Tata Letak Pabrik

PT Braja Mukti Cakra memiliki tata letak pabrik produksi yang tersusun dalam satu gedung produksi. Tata letak pabrik produksi dibuat guna mencapai pemanfaatan peralatan pabrik yang optimal, penggunaan jumlah tenaga kerja yang efektif, kebutuhan persediaan yang rendah, biaya produksi minimum, dan investasi modal yang rendah.



Gambar 4.3 Tata Letak Pabrik Produksi
(Sumber: PT Braja Mukti Cakra)

4.1.6 Ketenagakerjaan

Tenaga kerja menjadi salah satu faktor penting dalam menunjang keberhasilan rencana perusahaan. Demi menunjang hal tersebut, maka perlu dibuat sebuah aturan kerja yang mampu mengendalikan tenaga kerja yang jumlahnya sangat banyak dan variatif tersebut agar apa yang sudah direncanakan dapat benar-benar terwujud. Jumlah tenaga kerja total yang ada di PT Braja Mukti Cakra yaitu 202 orang.

PT Braja Mukti Cakra memiliki peraturan mengenai jam kerja pada karyawan - karyawannya yaitu selama 5 hari kerja dalam seminggu dengan ditentukan selama 8 jam kerja per hari. Adapun waktu kerja yang berlaku di PT Braja Mukti Cakra terdapat 2 (dua) yaitu, Waktu Kerja Kantor (staf dan administrasi) dan Waktu Kerja Pabrik (produksi dan *support* produksi). Adapun pengaturan Waktu Kerja Kantor (staf dan administrasi) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Waktu Kerja Kantor (Staf dan Administrasi)

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin s/d Jumat	07.30-16.30 WIB	12.00-13.00 WIB

(Sumber: PT Braja Mukti Cakra)

Sedangkan pengaturan Waktu Kerja Pabrik (produksi dan *Support* produksi) yang diatur setiap 9 jam kerja. Namun untuk *shift* yang bekerja pada malam hari ditetapkan 8 jam kerja. Pengaturan *shift* ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 4.2. Waktu Kerja Produksi (Produksi dan *Support* Produksi)

<i>Shift</i>	Jam Kerja	Jam Istirahat
I	07.00-16.00 WIB	11.30-12.30 WIB
II	23.00-07.00 WIB	02.00-03.00 WIB



(Sumber: PT Braja Mukti Cakra)

Hari Sabtu dan Minggu ditetapkan sebagai hari libur, sedangkan jeda waktu antara *shift* I (satu) dan *shift* II (dua) dan kelebihan jam kerja lainnya dihitung sebagai lembur.

4.1.7 Hasil Produksi Perusahaan

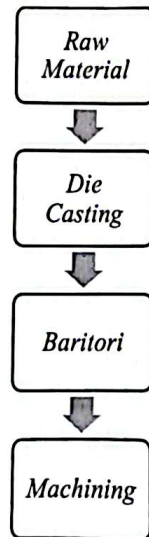
PT Braja Mukti Cakra adalah sebuah industri manufaktur otomotif yang bergerak dibidang jasa. PT Braja Mukti Cakra juga dalam kegiatannya, memiliki banyak jenis dan tipe produk yang diproduksi. Sebagian besar produksinya adalah berupa komponen dalam bagian penggerak kendaraan roda empat atau lebih. Berikut adalah nama dan jenis atau tipe produk, serta konsumen dari produk yang dihasilkan oleh PT Braja Mukti Cakra, dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3. Hasil Produksi PT Braja Mukti Cakra

No	Nama Produk	Customer	Model	
1	 Brake Drum	Mitsubishi	L 300	
			T 120SS	
			KUDA VA 1 W	
			CANTER	
		ISUZU	FUSO FM/BM	
		NISSAN	BUS BM / FM	
		YTE	TRUCK & BUS	
2	 Fly Wheel	Mitsubishi	TRUCK & BUS (Export)	
			HINO	TRUCK & BUS (Export)
			L 300	T 120SS
				KUDA VA 1 W
		CANTER		
		DAIHATSU	FUSO FM/BM	
		ISUZU	BUS BM / FM	
NISSAN	TFTA			
3	 HUB	Mitsubishi	TRUCK	
			L 300	KUDA (Export)
				CANTER
				FUSO FM/BM
		MTB	BUS FM / RM	
ISUZU	TRUCK (EXPORT)			
4	 Disc Brake	Mitsubishi	TRUCK & BUS	
			L 300	T 120SS
		KUDA VA 1 W		
		ISUZU		PANTER (Exported)
	PROTON (Exported)			
5	 Pressure Plate	Mitsubishi	L 300	
			KUDA VA 1 W	
		ISUZU	CANTER	
	PANTER (Exported)			
6	 Knuckle	Mitsubishi	Dyna	
			L 300	

4.1.8 Alur Proses *Die Casting*

Proses pembuatan atau produksi *Brake Drum* melewati beberapa tahapan. Dari mulai proses awal dari keseluruhan proses yaitu *Die Casting*, *Baritori*, dilanjutkan dengan proses *Machining*.

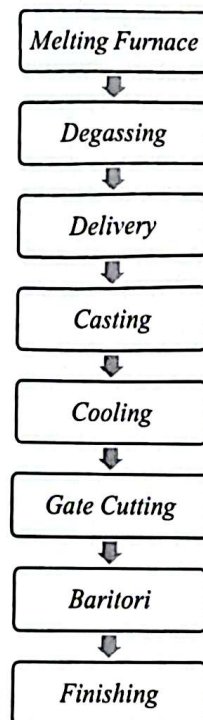


Gambar 4.4 Alur Proses Produksi *Brake Drum*
(Sumber: PT Braja Mukti Cakra)

Berdasarkan gambar diatas, maka akan diuraikan lebih rinci urutan proses pembuatan *Brake Drum*.

1. *Die Casting*

Die Casting adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan bahan mentah (*Ferrous* atau logam besi) yang dilelehkan menjadi logam cair yang kemudian di cetak untuk menghasilkan komponen atau produk dengan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Logam cair akan dituangkan atau ditekan ke dalam cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan bentuk yang diinginkan.



Gambar 4.5 Alur Proses *Die Casting*
(Sumber: PT Braja Mukti Cakra)

Berdasarkan gambar diatas, maka akan diuraikan lebih rinci urutan proses produksi *die casting*.

a. *Melting Furnace*

Melting Furnace adalah suatu alat atau mesin yang berfungsi untuk melebur *material* logam sehingga menjadi cair untuk selanjutnya di *supply* ke *Hollymesi* (tempat menampung cairan logam) yang terdapat pada tiap-tiap mesin *die casting*. Untuk melebur FC 25, *melting furnice* harus mencapai suhu lebih dari suhu lebur Besi (1.538°C). Alat yang digunakan untuk melebur besi pada *melting furnice* ialah *burner*.

Bahan bakar yang digunakan *burner* untuk melebur FC 25 adalah solar, elpiji, dan menggunakan tekanan angin untuk proses pembakaran. Dalam satu hari dilakukan pembersihan cairan FC 25 dalam *melting furnace* dengan cara menarik besi yang tidak terpakai dan kotoran yang terdapat pada bagian atas cairan FC 25 keluar dari *melting furnace* yang sebelumnya sudah diberikan *flux* pada cairan besi. Sedangkan fungsi dari

flux yaitu sebagai pengangkat kotoran-kotoran dari cairan logam, serta perawatan terhadap dinding *melting furnace*.

b. *Degassing*

Proses penghilangan H₂ dari cairan besi dengan menggunakan gas N₂, serta juga sebagai pengangkat *gross* (kotoran) dari cairan besi.

c. *Casting*

Casting adalah suatu proses penginjeksian cairan logam (besi cair) kedalam cetakan (*mold*) dengan tekanan yang tinggi sehingga terbentuk suatu benda.

d. *Cooling*

Cooling adalah suatu proses pendinginan produk dengan menggunakan media air atau udara. Proses pendinginan terbagi menjadi 2 metode yaitu:

- 1) Pendinginan secara mendadak, yaitu dengan langsung mencelupkan kedalam air atau oli secara tiba-tiba.
- 2) Pendinginan secara alami, yaitu pendinginan dengan bantuan udara ruangan.

e. *Gate Cutting*

Gate Cutting yaitu suatu proses pemotongan *gate* dengan menggunakan 2 buah pisau potong yang berbentuk bulat.

f. *Baritori*

Baritori adalah proses akhir setelah *die casting* dimana komponen atau produk hasil injeksi menimbulkan bari atau sirip, bari tersebut tajam dan dapat berpengaruh pada proses selanjutnya, dihilangkan dengan cara dikikir menggunakan kikir biasa atau *rotary* sehingga *blank* hasil *casting* bagus hasilnya dan memudahkan untuk proses selanjutnya.

g. *Finishing*

Proses *finishing* yaitu proses pengecekan komponen atau produk dengan menggunakan mesin baritori. Apabila produk terjadi *defect* maka harus di *repair* kembali dan apabila produk yang dihasilkan bagus maka produk bisa dilanjutkan ke proses *machining*.

4.1.9 Data Jumlah *Defect Brake Drum* Hino 4620A Periode Bulan Juli – Agustus 2017

Data jumlah *defect* dari produk *Brake Drum* Hino 4620A selama periode bulan Juli sampai dengan Agustus 2017 diperlihatkan pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.4. Jumlah *Defect* Periode Juli - Agustus 2017

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah <i>Defect</i>
Juli	2.734 unit	211 unit
Agustus	2.979 unit	290 unit

(Sumber: Pengumpulan Data)

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa *Brake Drum* Hino 4620A memiliki jumlah *defect* pada bulan Juli sebesar 211 dan pada bulan Agustus yaitu sebesar 290 unit.




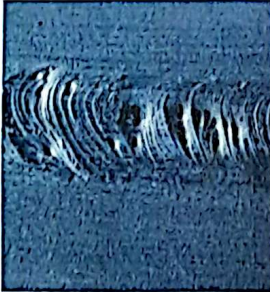

Gambar 4.6 *Brake Drum*
(Sumber: PT Braja Mukti Cakra)

Gambar 4.6 merupakan gambar hasil produk jadi atau *finish good* dari produk *Brake Drum*.

4.1.10 Jenis *Defect* Pada *Brake Drum* Hino 4620A

Pada *Brake Drum* Hino 4620A terdapat jenis-jenis *defect* yang sering terjadi seperti *misrun*, *porosity* dan *gas hole*. Gambar jenis-jenis *defect* pada *Brake Drum* Hino 4620A dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Jenis *Defect* pada *Brake Drum Hino 4620A*

No	Jenis <i>Defect</i>	Gambar Komponen <i>Defect</i>	Keterangan
1.	<i>Misrun</i>		<p>Ada bagian pada produk yang tidak terisi sempurna atau terputus padahal jumlah cairan logam yang dituangkan ke dalam cetakan sudah cukup. Ini terjadi akibat pembekuan logam yang prematur sebelum cetakan terisi penuh.</p>
2.	<i>Porosity</i>		<p>Terdapat rongga pada <i>blank</i> yang tidak terisi cairan logam secara sempurna dari proses <i>die casting</i> sehingga adanya udara yang masuk atau cetakan yang kotor.</p>
3.	<i>Gas Hole</i>		<p>Lubang yang terdapat pada permukaan benda kerja akibat adanya udara yang terjebak pada saat proses pengecoran cairan logam.</p>

Sumber: www.logamceper.com

4.1.11 Data *Defect* Harian *Brake Drum Hino 4620A*

Data jumlah *defect* pada *Brake Drum Hino 4620A* diambil selama 44 hari pada bulan Juli – Agustus 2017. Data jumlah *defect* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.6. Data Jumlah *Defect* pada Proses Produksi *Brake Drum*

No	Tanggal	Jumlah Produksi (unit)	Jenis <i>Defect</i> (unit)			Total <i>Defect</i> (unit)
			<i>Misrun</i>	<i>Porosity</i>	<i>Gas Hole</i>	
1	03/07/2017	128	8	2	0	10
2	04/07/2017	124	12	1	0	13
3	05/07/2017	136	7	2	0	9
4	06/07/2017	132	5	0	1	6
5	07/07/2017	125	10	4	0	14
6	10/07/2017	136	4	3	0	7
7	11/07/2017	128	3	4	0	7
8	12/07/2017	128	4	0	2	6
9	13/07/2017	132	9	3	0	12
10	14/07/2017	132	12	2	2	16
11	17/07/2017	132	6	0	2	8
12	18/07/2017	125	11	4	2	17
13	19/07/2017	128	5	1	0	6
14	20/07/2017	132	6	3	0	9
15	21/07/2017	130	10	4	0	14
16	24/07/2017	130	12	3	1	16
17	25/07/2017	128	6	2	0	8
18	26/07/2017	132	4	5	0	9
19	27/07/2017	136	8	0	0	8
20	28/07/2017	136	5	0	0	5
21	31/07/2017	124	11	0	0	11
22	01/08/2017	130	6	0	0	6
23	02/08/2017	136	12	1	0	13
24	03/08/2017	122	14	6	2	22
25	04/08/2017	130	8	2	0	10
26	07/08/2017	130	13	2	0	15
27	08/08/2017	122	11	3	1	15
28	09/08/2017	136	13	0	0	13
29	10/08/2017	128	14	0	0	14
30	11/08/2017	130	4	3	0	7
31	14/08/2017	130	9	6	0	15
32	15/08/2017	124	6	4	0	10
33	16/08/2017	128	5	2	0	7
34	17/08/2017	132	15	6	2	23
35	18/08/2017	125	10	1	0	11

Tabel 4.6. Data Jumlah *defect* pada Proses Produksi *Brake Drum* (lanjutan)

36	21/08/2017	128	6	1	0	7
37	22/08/2017	136	11	1	0	12
38	23/08/2017	136	13	0	0	13
39	24/08/2017	128	15	3	0	18
40	25/08/2017	136	10	2	0	12
41	28/08/2017	128	6	2	1	9
42	29/08/2017	124	9	1	0	10
43	30/08/2017	124	12	2	0	14
44	31/08/2017	136	9	4	1	14
Jumlah (Σ)		$\Sigma k = 5.713$	389	95	17	$\Sigma np = 501$

(Sumber: Pengumpulan Data)

Tabel 4.6 merupakan tabel jumlah *defect* pada proses produksi *Brake Drum* pada Bulan Juli –Agustus 2017. Produksi *Brake Drum* pada Bulan Juli –Agustus 2017 sebesar 5.713 unit dengan total *defect* sebesar 501 unit yang terdiri dari jumlah *defect misrun* sebesar 389 unit, *defect porosity* sebesar 95 unit dan *defect gas hole* sebesar 17 unit.

4.2 Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan menggunakan pendekatan DMAIC. Dalam pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan dua tahapan, yaitu tahap *Define* dan tahap *Measure*.

4.2.1 Tahap *Define*

Langkah awal dalam proyek *Six Sigma* adalah tahap *Define*. Pada tahap ini dilakukan pendefinisian yang meliputi pemilihan dan penentuan proyek, diagram alir proses produk, diagram SIPOC, serta pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*. Ini bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan analisis dan langkah perbaikan terhadap proses berdasarkan aliran proses yang ada.

4.2.1.1 Pemilihan dan penentuan proyek *Six Sigma*

Kriteria pemilihan proyek dalam penelitian ini dilakukan dengan memprioritaskan masalah-masalah dan kesempatan-kesempatan yang harus ditangani terlebih dahulu. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pemilihan

proyek ini akan dilakukan berdasarkan dari hasil pemilihan *section* produksi. Dan dari hasil pemilihan tersebut akan dijadikan proyek dalam peningkatan kualitas.

4.2.1.2 Diagram Alir Proses *Brake Drum*

Diagram alir proses dalam pengendalian kualitas *Brake Drum* ditunjukkan pada Gambar 4.7.

1. $\frac{1}{2}$
2. $\frac{1}{3}$
3. $\frac{1}{4}$
4. $\frac{1}{5}$
5. $\frac{1}{6}$
6. $\frac{1}{7}$
7. $\frac{1}{8}$
8. $\frac{1}{9}$
9. $\frac{1}{10}$
10. $\frac{1}{11}$
11. $\frac{1}{12}$
12. $\frac{1}{13}$
13. $\frac{1}{14}$
14. $\frac{1}{15}$
15. $\frac{1}{16}$
16. $\frac{1}{17}$
17. $\frac{1}{18}$
18. $\frac{1}{19}$
19. $\frac{1}{20}$
20. $\frac{1}{21}$
21. $\frac{1}{22}$
22. $\frac{1}{23}$
23. $\frac{1}{24}$
24. $\frac{1}{25}$
25. $\frac{1}{26}$
26. $\frac{1}{27}$
27. $\frac{1}{28}$
28. $\frac{1}{29}$
29. $\frac{1}{30}$
30. $\frac{1}{31}$
31. $\frac{1}{32}$
32. $\frac{1}{33}$
33. $\frac{1}{34}$
34. $\frac{1}{35}$
35. $\frac{1}{36}$
36. $\frac{1}{37}$
37. $\frac{1}{38}$
38. $\frac{1}{39}$
39. $\frac{1}{40}$
40. $\frac{1}{41}$
41. $\frac{1}{42}$
42. $\frac{1}{43}$
43. $\frac{1}{44}$
44. $\frac{1}{45}$
45. $\frac{1}{46}$
46. $\frac{1}{47}$
47. $\frac{1}{48}$
48. $\frac{1}{49}$
49. $\frac{1}{50}$
50. $\frac{1}{51}$
51. $\frac{1}{52}$
52. $\frac{1}{53}$
53. $\frac{1}{54}$
54. $\frac{1}{55}$
55. $\frac{1}{56}$
56. $\frac{1}{57}$
57. $\frac{1}{58}$
58. $\frac{1}{59}$
59. $\frac{1}{60}$
60. $\frac{1}{61}$
61. $\frac{1}{62}$
62. $\frac{1}{63}$
63. $\frac{1}{64}$
64. $\frac{1}{65}$
65. $\frac{1}{66}$
66. $\frac{1}{67}$
67. $\frac{1}{68}$
68. $\frac{1}{69}$
69. $\frac{1}{70}$
70. $\frac{1}{71}$
71. $\frac{1}{72}$
72. $\frac{1}{73}$
73. $\frac{1}{74}$
74. $\frac{1}{75}$
75. $\frac{1}{76}$
76. $\frac{1}{77}$
77. $\frac{1}{78}$
78. $\frac{1}{79}$
79. $\frac{1}{80}$
80. $\frac{1}{81}$
81. $\frac{1}{82}$
82. $\frac{1}{83}$
83. $\frac{1}{84}$
84. $\frac{1}{85}$
85. $\frac{1}{86}$
86. $\frac{1}{87}$
87. $\frac{1}{88}$
88. $\frac{1}{89}$
89. $\frac{1}{90}$
90. $\frac{1}{91}$
91. $\frac{1}{92}$
92. $\frac{1}{93}$
93. $\frac{1}{94}$
94. $\frac{1}{95}$
95. $\frac{1}{96}$
96. $\frac{1}{97}$
97. $\frac{1}{98}$
98. $\frac{1}{99}$
99. $\frac{1}{100}$

100. $\frac{1}{101}$

Berdasarkan diagram alir diatas dapat dilihat bahwa terdapat kegiatan pengendalian kualitas yaitu pemeriksaan yang dilakukan setelah penghilangan bari atau sirip pada *blank product*. Pemeriksaan dilakukan secara visual pada *blank product*. *Blank* yang tidak terdapat *defect* dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu *machining* dan *blank* yang *defect* akan di-*recycling*.

4.2.1.1 Diagram SIPOC

Dalam proyek peningkatan kualitas, tahapan proses dimodelkan dalam diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*). Diagram SIPOC merupakan alat yang berguna dalam peningkatan proses untuk mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan dalam proyek peningkatan kualitas ini. Diagram SIPOC digambarkan pada Gambar 4.7. Pembuatan diagram SIPOC untuk proses produksi *Brake Drum* akan diuraikan sebagai berikut:

1. *Supplier*

PT Braja Mukti Cakra memiliki *supplier* yang memasok bahan baku untuk membuat *Brake Drum*. Pemasok bahan baku *Brake Drum* adalah PT Logam Jaya Abadi.

2. *Input*

Material yang digunakan untuk membuat *Brake Drum* yaitu FC 25 (*Ferrous Casting 25*) dan *recycling* dengan perbandingan campuran bahan 60:40 agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar.

3. *Process*

Proses pertama pada produksi *Brake Drum* adalah Proses *die casting*. Proses *die casting* merupakan proses manufaktur dengan menggunakan bahan mentah FC 25 yang dilelehkan menjadi logam cair yang kemudian dicetak menggunakan mesin cor cetak (*Injection Die Casting*) untuk menghasilkan *Brake Drum* dengan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi (*blank product*). Logam cair akan dituangkan kedalam lubang bagian atas dari pipa injeksi yang melintang horizontal ke cetakan dengan tekanan tinggi sehingga sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Adapun tahapan pengerjaan dari proses *die casting*, antara lain persiapan bahan baku, *melting furnance* (dapur peleburan), *casting*

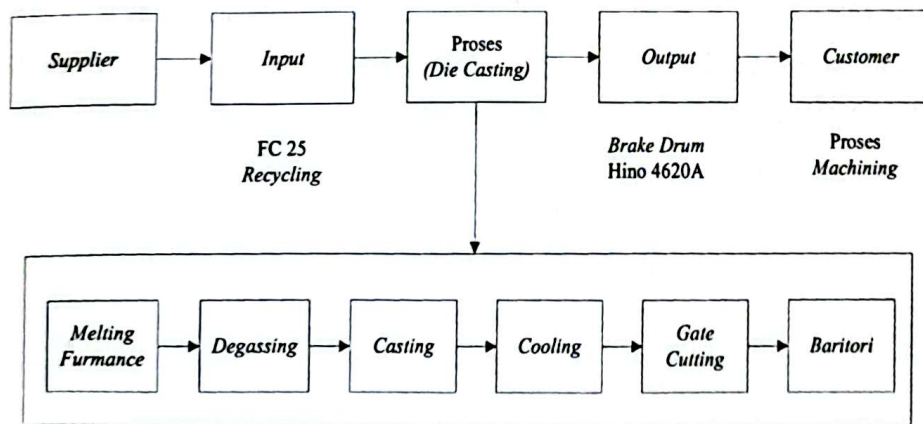
(injeksi), *cooling* (pendinginan), *gate cutting* (pemotongan *gate*) dan *baritori* (penghilangan bari atau sirip).

4. Output

Output dari proses *die casting* adalah *blank material Brake Drum Hino 4620A* yang bersih dari sirip serta tidak terdapat *defect*.

5. Customer

Customer dari proses *die casting* pada pembuatan *Brake Drum* adalah proses *machining*.



Gambar 4.8 Diagram SIPOC
Sumber: Hasil Pengolahan Data

Gambar 4.8 menunjukkan diagram SIPOC untuk proses produksi *Brake Drum* yang dimulai dari *supplier* yaitu PT Logam Jaya Abadi. Bahan baku atau material yang datang dari *supplier* diperiksa terlebih dahulu secara visual oleh *quality control incoming* PT Braja Mukti Cakra. Setelah diperiksa dan lolos pengecekan visual, bahan baku dimasukkan ke dalam gudang penyimpanan. Bahan baku akan keluar dari gudang penyimpanan ketika proses produksi *die casting* dimulai. Komponen atau produk hasil proses *die casting* yaitu *Brake Drum* yang kemudian diperiksa secara visual untuk memastikan tidak adanya produk cacat yang akan diterima oleh *customer*. *Customer* dari proses *die casting* disini yaitu proses *machining*.

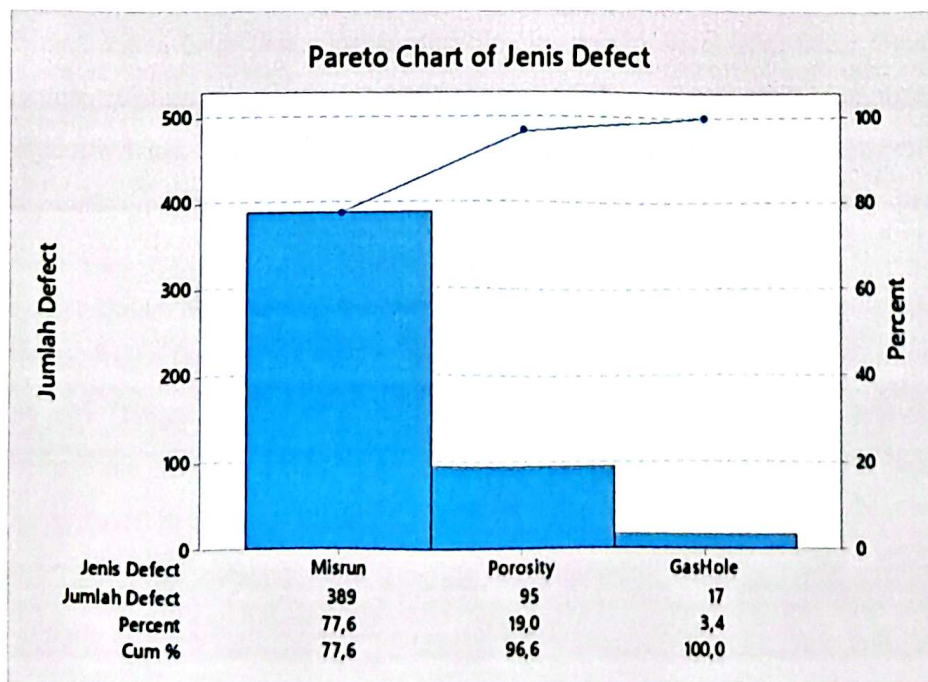
4.2.2 Tahap Measure

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

kunci yang penting bagi kualitas atau CTQ (*Critical To Quality*) potensial. Membuat peta kendali p, menghitung *Level Sigma* yang telah dicapai PT Braja Mukti Cakra.

4.2.2.1 *Critical To Quality* (CTQ)

Penentuan CTQ (*Critical To Quality*) ditetapkan berdasarkan kebutuhan spesifik dari pelanggan. Dimana kebutuhan spesifik ini berdasarkan persyaratan *output* yaitu harus bebas dari *defect*. Pada tahap *Define* diketahui bahwa pelanggan yaitu proses *machining* menginginkan kondisi *blank product Brake Drum* harus dalam keadaan *Good* (baik) karena akan berpengaruh pada proses *machining*. Terdapat tiga jenis karakteristik *defect* yang ditemukan selama periode Juli – Agustus 2017 pada proses *die casting*, yaitu *misrun*, *porosity* dan *gas hole*. Berdasarkan identifikasi CTQ diatas, maka dilakukan pengukuran menggunakan diagram pareto untuk mengidentifikasi jenis *defect* mana yang paling terbesar. Diagram pareto jenis *defect* ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Diagram Pareto Jenis *Defect*

Sumber: Pengolahan Data

Dari diagram Pareto Jenis *Defect*, dapat diketahui bahwa *defect* terbesar adalah *defect misrun*. Dengan demikian maka CTQ kunci potensial yang ditetapkan

pada proyek *Six Sigma* ini adalah *defect misrun*. *Defect misrun* diakibatkan oleh empat hal yaitu suhu material terlalu rendah, *spraying die face lubricant* kurang, permukaan *mold* kasar, suhu *mold* terlalu rendah. Sehingga CTQ untuk *defect misrun* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.7. CTQ (*Critical To Quality*) untuk *Defect Misrun*

No.	CTQ (<i>Critical To Quality</i>)	Standar Kualitas
1.	Suhu material terlalu rendah	Suhu material standar
2.	<i>Spraying die face lubricant</i> kurang	<i>Spraying die face lubricant</i> standar
3.	Permukaan <i> mold</i> kasar	Permukaan <i> mold</i> kasar
4.	Suhu <i> mold</i> terlalu tinggi	Suhu <i> mold</i> standar

Tabel 4.7 merupakan tabel karakteristik kualitas (CTQ) potensial dan standar kualitas untuk *defect misrun* pada produk *Brake Drum* Hino 4620A.

4.2.2.2 Peta Kendali

Peta kendali bertujuan untuk melihat apakah proses yang berjalan telah berada dalam batas pengendalian statistik. Data produk cacat tidak dapat diukur dengan menggunakan satuan tertentu, karena CTQ kunci potensial pada proses produksi *Brake Drum* adalah *misrun*. Oleh sebab itu, peta kendali yang sesuai untuk digunakan pada penelitian ini adalah peta kendali untuk data atribut yaitu peta kendali p.

Dalam pembuatan peta kendali p ini, data yang digunakan adalah data *defect* harian *Brake Drum* Hino 4620A pada bulan Juli – Agustus 2017 diambil selama 44 hari. Dengan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan proporsi cacat dan batas-batas kendali. Perhitungan di bawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan batas-batas kendali dalam peta kendali p untuk hari pertama.

1. Menentukan proporsi bagian yang ditolak:

$$p = \frac{\text{Jumlah Ukuran Defect}}{\text{Ukuran sub grup}} = \frac{10}{128} = 0,0781$$

2. Menentukan rata-rata bagian yang ditolak (\bar{p}) atau *Control Limit (CL)*:

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum k} = \frac{501}{5.713} = 0,0877$$

Dimana: $\sum np$ = Jumlah *defect* yang diamati 44 hari

$\sum k$ = Jumlah produksi yang diamati selama 44 hari.

3. Menentukan batas 3σ dengan jumlah *Brake Drum* yang diperiksa sebanyak 128 unit dan jumlah unit yang cacat sebanyak 10 unit pada hari pertama dibulan Juli – Agustus 2017.

$$3\sigma = 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{k}} = 3 \sqrt{\frac{0,0877(1-0,0877)}{128}} = 0,0750$$

Dimana:

k = Jumlah unit yang diperiksa pada hari ke- i

4. Menentukan Batas Kendali Atas (BKA atau UCL) dan Batas Kendali Bawah (BKB atau LCL).

$$UCL = \bar{p} + 3\sigma = 0,0877 + 0,0750 = 0,1630$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sigma = 0,0877 - 0,0750 = 0,0130$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk hari ke-2 sampai dengan hari ke-44. Rekapitulasi hasil perhitungan batas-batas kendali selama 44 hari dapat dilihat pada Tabel 4.8 dimana diketahui masing-masing jumlah unit yang diproduksi dan jumlah unit *defect*.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p

No	Tanggal	Jumlah Produksi (unit)	Total Defect (unit)	Proporsi (p)	CL	UCL	LCL
1	03/07/2017	128	10	0,0781	0,0877	0,1627	0,0127
2	04/07/2017	124	13	0,1048	0,0877	0,1639	0,0115
3	05/07/2017	136	9	0,0662	0,0877	0,1605	0,0149
4	06/07/2017	132	6	0,0455	0,0877	0,1616	0,0138
5	07/07/2017	125	14	0,1120	0,0877	0,1636	0,0118
6	10/07/2017	136	7	0,0515	0,0877	0,1605	0,0149
7	11/07/2017	128	7	0,0547	0,0877	0,1627	0,0127
8	12/07/2017	128	6	0,0469	0,0877	0,1627	0,0127
9	13/07/2017	132	12	0,0909	0,0877	0,1616	0,0138
10	14/07/2017	132	16	0,1212	0,0877	0,1616	0,0138
11	17/07/2017	132	8	0,0606	0,0877	0,1616	0,0138
12	18/07/2017	125	17	0,1360	0,0877	0,1636	0,0118
13	19/07/2017	128	6	0,0469	0,0877	0,1627	0,0127
14	20/07/2017	132	9	0,0682	0,0877	0,1616	0,0138
15	21/07/2017	130	14	0,1077	0,0877	0,1621	0,0133
16	24/07/2017	130	16	0,1231	0,0877	0,1621	0,0133

Tabel 4.8 Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p (lanjutan)

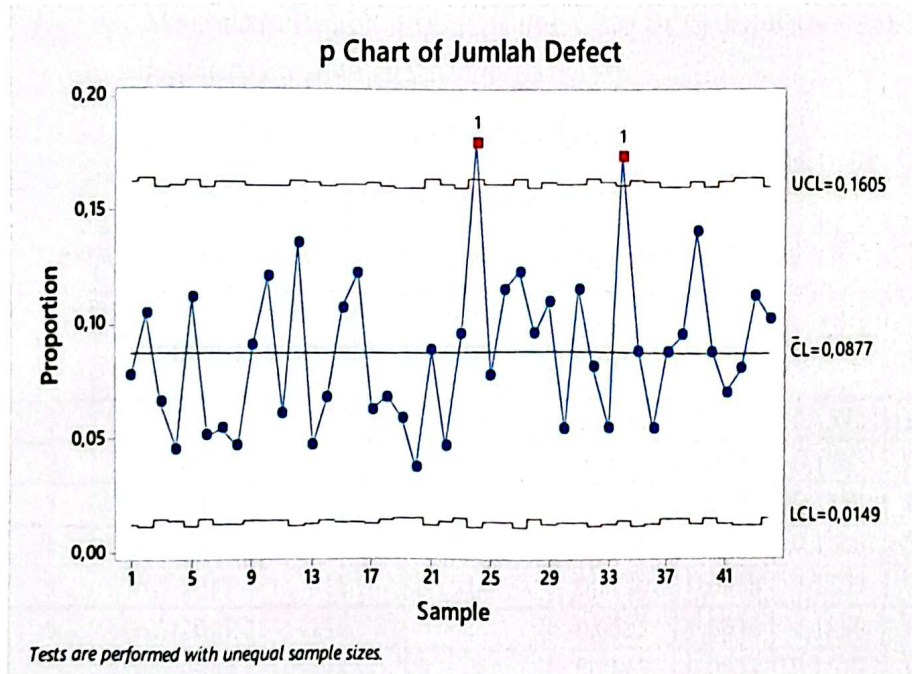
17	25/07/2017	128	8	0,0625	0,0877	0,1627	0,0127
18	26/07/2017	132	9	0,0682	0,0877	0,1616	0,0138
19	27/07/2017	136	8	0,0588	0,0877	0,1605	0,0149
20	28/07/2017	136	5	0,0368	0,0877	0,1605	0,0149
21	31/07/2017	124	11	0,0887	0,0877	0,1639	0,0115
22	01/08/2017	130	6	0,0462	0,0877	0,1621	0,0133
23	02/08/2017	136	13	0,0956	0,0877	0,1605	0,0149
24	03/08/2017	122	22	0,1803	0,0877	0,1645	0,0109
25	04/08/2017	130	10	0,0769	0,0877	0,1621	0,0133
26	07/08/2017	130	15	0,1154	0,0877	0,1621	0,0133
27	08/08/2017	122	15	0,1230	0,0877	0,1645	0,0109
28	09/08/2017	136	13	0,0956	0,0877	0,1605	0,0149
29	10/08/2017	128	14	0,1094	0,0877	0,1627	0,0127
30	11/08/2017	130	7	0,0538	0,0877	0,1621	0,0133
31	14/08/2017	130	15	0,1154	0,0877	0,1621	0,0133
32	15/08/2017	124	10	0,0806	0,0877	0,1639	0,0115
33	16/08/2017	128	7	0,0547	0,0877	0,1627	0,0127
34	17/08/2017	132	23	0,1742	0,0877	0,1616	0,0138
35	18/08/2017	125	11	0,0880	0,0877	0,1636	0,0118
36	21/08/2017	128	7	0,0547	0,0877	0,1627	0,0127
37	22/08/2017	136	12	0,0882	0,0877	0,1605	0,0149
38	23/08/2017	136	13	0,0956	0,0877	0,1605	0,0149
39	24/08/2017	128	18	0,1406	0,0877	0,1627	0,0127
40	25/08/2017	136	12	0,0882	0,0877	0,1605	0,0149
41	28/08/2017	128	9	0,0703	0,0877	0,1627	0,0127
42	29/08/2017	124	10	0,0806	0,0877	0,1639	0,0115
43	30/08/2017	124	14	0,1129	0,0877	0,1639	0,0115
44	31/08/2017	136	14	0,1029	0,0877	0,1605	0,0149
Jumlah (Σ)		$\Sigma k = 5.713$	$\Sigma np = 501$	0,0877			

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 4.8 merupakan rekapitulasi perhitungan batas kendali dalam peta kendali p dalam 44 hari kerja dengan jumlah produksi sebesar 5.713 unit, jumlah defect sebesar 501 unit dan nilai proporsi sebesar 0,0877.

Untuk dapat mengetahui dengan jelas mengenai produk defect yang masih dalam kontrol ataupun yang *out of control*, maka digambarkan peta kendali p. Peta kendali p ini digunakan untuk mengetahui apakah produk defect yang dihasilkan

masih dalam batas yang diisyaratkan atau diperbolehkan. Peta kendali p untuk ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.10 Peta Kendali p untuk Jumlah Defect Harian Bulan Juli – Agustus 2017
Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari peta kendali p pada Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa masih ada 2 (dua) data di luar batas pengendalian yang disebabkan karena sebab khusus, maka perlu dilakukan revisi. Data yang mengindikasikan bahwa proses berada diluar batas kendali atas yaitu pada data ke-24 dan pada data ke-34 untuk peta kendali atribut perlu direvisi.

1. Menentukan proporsi bagian yang ditolak:

$$p = \frac{\text{Jumlah Ukuran Defect}}{\text{Ukuran sub grup}} = \frac{10}{128} = 0,0781$$

2. Menentukan rata-rata bagian yang ditolak (\bar{p}) atau Control Limit (CL):

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum k} = \frac{456}{5.459} = 0,0838$$

3. Menentukan batas 3σ dengan jumlah Brake Drim yang diperiksa sebanyak 128 unit dan jumlah unit yang cacat atau defect sebanyak 10 unit pada hari pertama dibulan Juli 2017.

$$3\sigma = 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{k}} = 3 \sqrt{\frac{0,0838(1-0,0838)}{128}} = 0,0734$$

4. Menentukan Batas Kendali Atas (BKA atau UCL) dan Batas Kendali Bawah (BKB atau LCL)

$$UCL = \bar{p} + 3\sigma = 0,0838 + 0,0734 = 0,1572$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sigma = 0,0838 - 0,0734 = 0,0104$$

Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p Revisi

No	Tanggal	Jumlah Produksi (unit)	Total Defect (unit)	Proporsi (p)	CL	UCL	LCL
1	03/07/2017	128	10	0,0781	0,0838	0,1572	0,0104
2	04/07/2017	124	13	0,1048	0,0838	0,1583	0,0093
3	05/07/2017	136	9	0,0662	0,0838	0,1550	0,0126
4	06/07/2017	132	6	0,0455	0,0838	0,1560	0,0116
5	07/07/2017	125	14	0,1120	0,0838	0,1580	0,0096
6	10/07/2017	136	7	0,0515	0,0838	0,1550	0,0126
7	11/07/2017	128	7	0,0547	0,0838	0,1572	0,0104
8	12/07/2017	128	6	0,0469	0,0838	0,1572	0,0104
9	13/07/2017	132	12	0,0909	0,0838	0,1560	0,0116
10	14/07/2017	132	16	0,1212	0,0838	0,1560	0,0116
11	17/07/2017	132	8	0,0606	0,0838	0,1560	0,0116
12	18/07/2017	125	17	0,1360	0,0838	0,1580	0,0096
13	19/07/2017	128	6	0,0469	0,0838	0,1572	0,0104
14	20/07/2017	132	9	0,0682	0,0838	0,1560	0,0116
15	21/07/2017	130	14	0,1077	0,0838	0,1566	0,0110
16	24/07/2017	130	16	0,1231	0,0838	0,1566	0,0110
17	25/07/2017	128	8	0,0625	0,0838	0,1572	0,0104
18	26/07/2017	132	9	0,0682	0,0838	0,1560	0,0116
19	27/07/2017	136	8	0,0588	0,0838	0,1550	0,0126
20	28/07/2017	136	5	0,0368	0,0838	0,1550	0,0126
21	31/07/2017	124	11	0,0887	0,0838	0,1583	0,0093
22	01/08/2017	130	6	0,0462	0,0838	0,1566	0,0110
23	02/08/2017	136	13	0,0956	0,0838	0,1550	0,0126
24	04/08/2017	130	10	0,0769	0,0838	0,1566	0,0110
25	07/08/2017	130	15	0,1154	0,0838	0,1566	0,0110
26	08/08/2017	122	15	0,1230	0,0838	0,1589	0,0087
27	09/08/2017	136	13	0,0956	0,0838	0,1550	0,0126

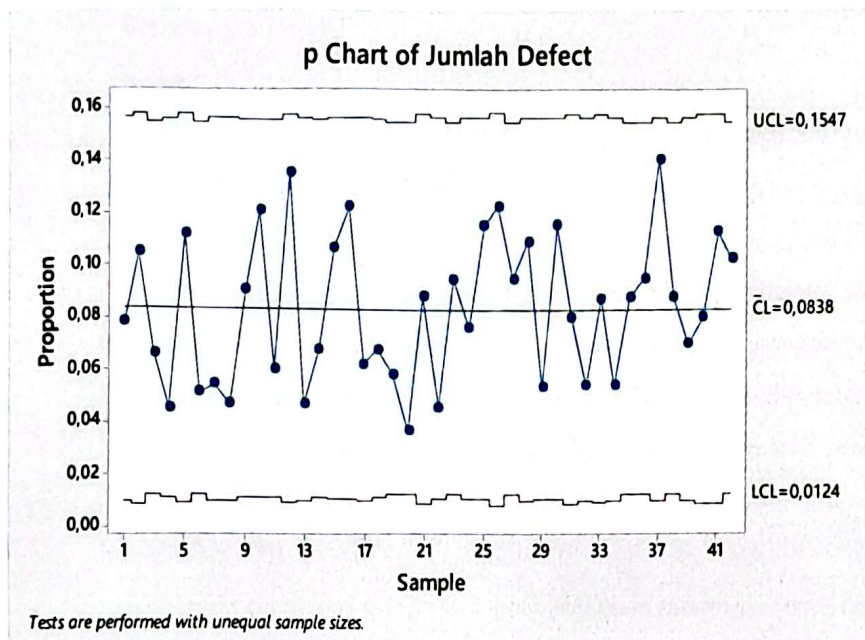
Tabel 4.9. Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p Revisi (lanjutan)

28	10/08/2017	128	14	0,1094	0,0838	0,1572	0,0104
29	11/08/2017	130	7	0,0538	0,0838	0,1566	0,0110
30	14/08/2017	130	15	0,1154	0,0838	0,1566	0,0110
31	15/08/2017	124	10	0,0806	0,0838	0,1583	0,0093
32	16/08/2017	128	7	0,0547	0,0838	0,1572	0,0104
33	18/08/2017	125	11	0,0880	0,0838	0,1580	0,0096
34	21/08/2017	128	7	0,0547	0,0838	0,1572	0,0104
35	22/08/2017	136	12	0,0882	0,0838	0,1550	0,0126
36	23/08/2017	136	13	0,0956	0,0838	0,1550	0,0126
37	24/08/2017	128	18	0,1406	0,0838	0,1572	0,0104
38	25/08/2017	136	12	0,0882	0,0838	0,1550	0,0126
39	28/08/2017	128	9	0,0703	0,0838	0,1572	0,0104
40	29/08/2017	124	10	0,0806	0,0838	0,1583	0,0093
41	30/08/2017	124	14	0,1129	0,0838	0,1583	0,0093
42	31/08/2017	136	14	0,1029	0,0838	0,1550	0,0126
Jumlah (Σ)		$\Sigma k = 5.459$	$\Sigma np = 456$	0,0838			

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 4.9 merupakan rekapitulasi perhitungan batas kendali dalam peta kendali p yang telah di revisi menjadi dalam 42 hari kerja dengan jumlah produksi sebesar 5.459 unit, jumlah *defect* sebesar 456 unit dan nilai proporsi sebesar 0,0838.

Berdasarkan data *defect* harian yang telah direvisi diatas, maka dapat dibuat peta kendali p seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.11 Peta Kendali p untuk Jumlah Defect Harian Bulan Juli – Agustus 2017 (Revisi)

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari Gambar 4.11, terlihat bahwa semua data proporsi cacat masing-masing observasi berada dalam batas pengendalian (*in control*), yang berarti produk *defect* yang dihasilkan pada masing-masing observasi tersebut masih dalam batas yang diisyaratkan atau diperbolehkan. Karena semua data berada dalam batas pengendalian, maka peta pengendali inilah yang akan digunakan sebagai perencanaan pengendali observasi atau periode mendatang.

4.2.2.3 Pengukuran Baseline Kinerja

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

1. Perhitungan DPMO

a. *Unit (U)*

Jumlah produksi *Brake Drum* Hino 4620A pada periode Juli - Agustus sebanyak 5.713 unit.

b. *Opportunities (OP)*

Berdasarkan persyaratan karakteristik kebutuhan pelanggan, maka dapat diketahui terdapat tiga jenis karakteristik terjadinya cacat atau CTQ potensial yaitu *misrun*. Berdasarkan CTQ potensial berarti ada 4 kesempatan terjadinya cacat atau *defect* pada setiap unit produk yang dihasilkan.

c. *Defect (D)*

Jumlah cacat dari CTQ kunci potensial pada produksi *Brake Drum* Hino 4620A pada periode Juli - Agustus 2017 sebanyak 389 unit.

d. *Defect per Unit (DPU)*

$$DPU = \frac{D}{U} = \frac{389}{5.713} = 0,0681$$

e. *Total Opportunities (TOP)*

$$\begin{aligned} TOP &= U \times OP \\ &= 5.713 \times 4 \\ &= 22.852 \end{aligned}$$

f. *Defect per Opportunities (DPO)*

$$\begin{aligned} DPO &= \frac{D}{TOP} \\ DPO &= \frac{389}{22.852} = 0,0170 \end{aligned}$$

g. *Defect per Million opportunities (DPMO)*

$$\begin{aligned} DPMO &= DPO \times 10^6 \\ &= 0,0170 \times 1.000.000 \\ &= 17.000 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa DPMO (jumlah cacat per satu juta kesempatan) pada produksi *Brake Drum* Hino 4620A adalah 17.000 DPMO.

2. Perhitungan *Level 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. Dari perhitungan sebelumnya telah diketahui bahwa DPMO perusahaan saat ini untuk *Brake Drum* Hino 4620A adalah 17.000 DPMO.

Pada tabel *Level Sigma*, nilai 17.000 DPMO berada pada *Level Sigma* 3,62–3,63, maka untuk mengetahui *Level Sigma* perusahaan dilakukan dengan interpolasi, dimana untuk nilai DPMO 3,62 = 17.003 dan 3,63 = 16.586, maka *Level Sigma* perusahaan:

$$\frac{17.003 - 17.000}{17.000 - 16.586} = \frac{3,62 - x}{x - 3,63}$$

$$\frac{3}{414} = \frac{3,62 - x}{x - 3,63}$$

$$3(x - 3,63) = 414(3,62 - x)$$

$$3x - 10,89 = 1.498,68 - 414x$$

$$414x + 3x = 1.498,68 + 10,89$$

$$417x = 1.509,57$$

$$x = 3,6201$$

Dari hasil perhitungan didapat *Level Sigma* perusahaan untuk produksi *Brake Drum* Hino 4620A pada saat ini berada pada *Level* 3,6201 *sigma*. Artinya terdapat 3,6201 *defect* dari sejuta peluang.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

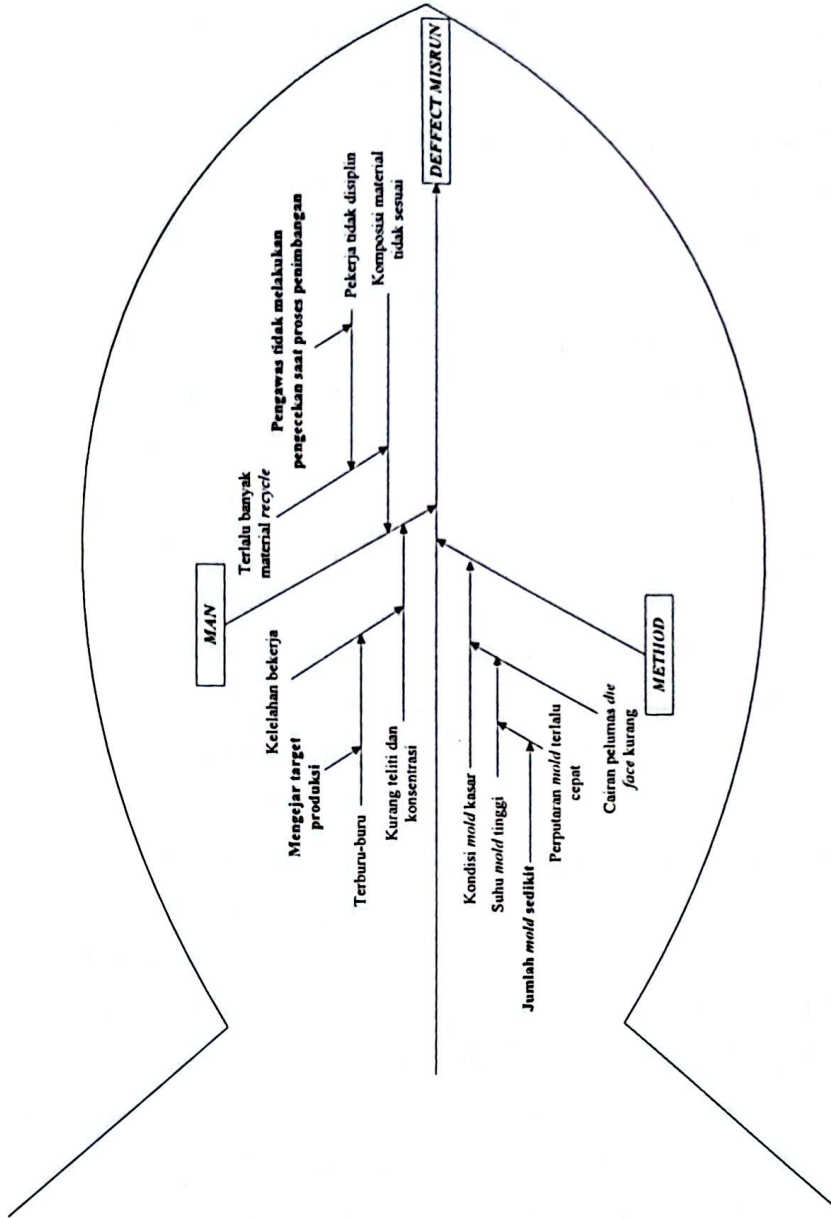
Analisis masalah dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data yang sudah dilakukan untuk memberikan gambaran yang jelas terhadap penyebab terjadinya kecacatan dan akibat yang ditimbulkannya. Analisis yang dilakukan dalam pengendalian *Six Sigma* terdiri atas tiga tahapan yaitu tahap *Analyze* (analisis), *Improve* (perbaikan) dan *Control* (pengendalian).

5.1 Tahap *Analyze*

Tahap *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. Langkah yang ditempuh dalam tahap *Analyze* adalah pembuatan diagram sebab-akibat (*Fishbone Diagram*) yang memerlukan analisis yang terhadap akar penyebab dari kegagalan sehingga akan diperoleh hasil tepat. Diagram sebab-akibat digunakan untuk melihat penyebab yang berpotensi dari akar permasalahan yang terjadi dalam suatu proses atau aktivitas kerja. Pembuatan diagram sebab-akibat berdasarkan *brainstorming* dengan *Senior Foreman*, *Staff Maintenance*, dan *Operator Production* yang didasarkan pada CTQ kunci potensial yang ditetapkan pada proyek *Six Sigma* yaitu *defect misrun*.

5.1.1 Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone Diagram*) *Defect Misrun*

Defect misrun disebabkan karena ada bagian produk yang tidak terisi sempurna atau terputus padahal jumlah cairan logam yang dituangkan ke dalam cetakan sudah cukup. Ini terjadi akibat pembekuan logam yang prematur sebelum cetakan terisi penuh. Diagram sebab-akibat untuk *defect misrun* dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Diagram Sebab-Akibat (Fishbone Diagram) untuk Defect Misrun
 Sumber: Brainstroming

Berikut penjelasan dari faktor-faktor yang menyebabkan *defect misrun* pada *Brake Drum*:

1. *Man* (Manusia)

Operator atau pekerja memiliki pengaruh besar dalam produksi pada *Brake Drum*. Pekerja ada yang bekerja secara tidak konsisten karena cenderung bekerja dengan terburu-buru untuk mencapai target produksi sehingga mengakibatkan kelelahan dan kurangnya ketelitian pada saat melakukan pekerjaan. Kurangnya pengawasan terhadap pekerja juga menyebabkan adanya pekerja yang tidak disiplin dalam melakukan penimbangan komposisi material sehingga mempengaruhi cacat yang terjadi pada produksi *Brake Drum* yang dihasilkan. Meskipun pekerja harus mengejar target produksi, sebaiknya pekerja juga harus tetap bisa menghasilkan produk yang baik. Oleh karena itu dibutuhkan pengawasan kepada pekerja dalam proses produksi *die casting Brake Drum* terutama pada saat penimbangan bahan baku atau material.

2. *Method* (Metode)

Kondisi *mold* yang kasar terjadi karena pada saat dilakukan penyemprotan cairan pelumas *die face*, kondisi suhu *mold* tinggi sehingga cairan pelumas *die face* pada *mold* cepat mengering dan menyebabkan cairan logam menempel pada *mold*. Hal ini terjadi akibat jumlah *mold* yang sedikit sehingga perputaran penggunaan *mold* terlalu cepat sebelum kondisi suhu *mold* dingin.

5.2 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 melakukan perbaikan dengan menggunakan metode 5W+1H yang merupakan pengembangan rencana dan peningkatan kualitas.

5.2.1 Perbaikan dengan Menggunakan Metode 5W+1H untuk Perbaikan *Defect Misrun*

Berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya, perbaikan yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari jenis *defect* pada Gambar 5.1 untuk *defect misrun*. Tabel perbaikan 5W+1H untuk perbaikan *defect misrun* dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Metode 5W+1H untuk *Defect Misrun*

Faktor	<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
	Masalah yang terjadi	Alasan	Tempat	Waktu	Penanggung Jawab	Tindakan
<i>Man</i>	Mengejar target produksi	Menyebabkan pekerja kelelahan karena bekerja terburu-buru	Di proses <i>Die Casting</i>	Pada saat proses produksi	<i>Senior Foreman, Foreman, dan Operator production</i>	Menyesuaikan target produksi dengan kapasitas produksi, menambah jumlah <i> mold</i>
	Pengawas tidak melakukan pengecekan saat proses penimbangan	Menyebabkan pekerja tidak disiplin dalam melakukan penimbangan komposisi material. Sehingga terlalu banyak material <i>recycle</i> yang masuk	Di proses <i>Die Casting</i>	Pada saat proses produksi	<i>Manager, Supervisor, dan Senior Foreman</i>	Melakukan pengawasan lebih terhadap pekerja pada saat proses produksi berlangsung terutama pada saat proses penimbangan material
<i>Method</i>	Jumlah <i> mold</i> sedikit	Menyebabkan perputaran penggunaan <i> mold</i> terlalu cepat	Di proses <i>Casting</i>	Pada saat proses produksi	<i>Senior Foreman, Foreman, dan Operator production</i>	Penambahan jumlah <i> mold</i> untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi

Sumber: Hasil Pengolahan Data dan *Brainstorming*

5.2.2 Tindakan Perbaikan

Faktor penyebab *defect* yang telah diketahui kemudian dilakukan tindakan yang bertujuan untuk meminimalisasi jumlah *defect* pada proses *die casting* pada *Brake Drum*. Tindakan-tindakan yang telah dijabarkan pada tabel 5W+1H dilakukan untuk mengupayakan penurunan tingkat kecacatan *Brake Drum* Hino 4620A pada proses *die casting*. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan oleh pihak perusahaan sebagai upaya meminimalisir jumlah *defect Brake Drum* Hino 4620A dengan cara:

1. Menyesuaikan target produksi dengan kapasitas produksi.
2. Melakukan pengawasan lebih terhadap pekerja pada saat proses produksi berlangsung terutama pada saat proses penimbangan material agar sesuai standar.
3. Penambahan jumlah *mold* agar dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi.

5.3 Tahap *Control*

Tahap *Control* merupakan tahap operasional terakhir dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini, dilakukan pengontrolan terhadap hasil perbaikan. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah proses produksi setelah dilakukan implementasi dapat menjadi lebih baik dan terkendali secara statistik atau tidak. Karena itu perlu adanya pengontrolan terhadap kinerja proses setelah adanya upaya perbaikan. Untuk tahap *Control* ini, akan dibuat peta kendali p setelah perbaikan dan juga untuk mengetahui apakah nilai DPMO menurun dan *Level Sigma*-nya meningkat atau tidak setelah dilakukan implementasi.

5.3.1 Peta Kendali p Setelah Perbaikan

Peta kendali bertujuan untuk melihat apakah proses yang berjalan telah berada dalam batas pengendalian statistik. Untuk pembuatan peta p ini, data yang dikumpulkan setelah dilakukan perbaikan adalah data jumlah *defect* harian *Brake Drum* Hino 4620A pada bulan November - Desember 2017.

Tabel 5.2. Data Jumlah *Defect* Harian *Brake Drum* Hino 4620A Bulan
November – Desember 2017 Setelah Perbaikan

No	Tanggal	Jumlah Produksi (unit)	<i>Defect Misrun</i> (unit)	Total <i>Defect</i> (np)
1	01/11/2017	135	3	3
2	02/11/2017	138	7	7
3	03/11/2017	140	5	5
4	06/11/2017	132	6	6
5	07/11/2017	135	4	4
6	08/11/2017	136	3	3
7	09/11/2017	137	3	3
8	10/11/2017	137	4	4
9	13/11/2017	136	7	7
10	14/11/2017	140	8	8
11	15/11/2017	133	4	4
12	16/11/2017	138	7	7
13	17/11/2017	135	5	5
14	20/11/2017	140	6	6
15	21/11/2017	130	5	5
16	22/11/2017	138	8	8
17	23/11/2017	132	5	5
18	24/11/2017	135	4	4
19	27/11/2017	135	8	8
20	28/11/2017	135	5	5
21	29/11/2017	132	8	8
22	30/11/2017	136	3	3
23	04/12/2017	133	7	7
24	05/12/2017	132	5	5
25	06/12/2017	136	6	6
26	07/12/2017	137	5	5
27	08/12/2017	137	8	8
28	11/12/2017	130	8	8
29	12/12/2017	139	4	4
30	13/12/2017	140	5	5
31	14/12/2017	140	6	6
32	15/12/2017	135	5	5
33	18/12/2017	132	5	5

Tabel 5.2. Data Jumlah *Defect* Harian *Brake Drum*
Hino 4620A Bulan November – Desember 2017
Setelah Perbaikan (lanjutan)

34	19/12/2017	138	6	6
35	20/12/2017	134	4	4
36	21/12/2017	135	6	6
37	22/12/2017	136	8	8
38	27/12/2017	136	4	4
39	28/12/2017	138	6	6
40	29/12/2017	130	5	5
Jumlah (Σ)		$\Sigma k = 5.423$	221	$\Sigma np = 221$

Sumber: Pengumpulan Data

Tabel 5.2 merupakan data jumlah *defect* harian *Brake Drum* Hino 4620A pada bulan November – Desember 2017 setelah dilakukan perbaikan. Jumlah produksi sebesar 5.423 unit dengan jumlah *defect* sebesar 221 unit.

Dalam pembuatan peta kendali p ini, data yang digunakan adalah data *defect* harian *Brake Drum* Hino 4620A bulan November - Desember 2017. Dengan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan proporsi *defect* dan batas-batas kendali. Perhitungan di bawah ini merupakan perhitungan nilai proporsi *defect* serta batas kendali atas dan bawah.

1. Menentukan proporsi bagian yang ditolak:

$$p = \frac{\text{Jumlah Ukuran Defect}}{\text{Ukuran sub grup}} = \frac{3}{135} = 0,0222$$

2. Menentukan rata-rata bagian yang ditolak (\bar{p}) atau *Control Limit (CL)*:

$$\bar{p} = \frac{\Sigma np}{\Sigma k} = \frac{221}{5423} = 0,0408$$

Dimana: Σnp = Jumlah *defect* yang diamati 40 hari

Σk = Jumlah produksi yang diamati selama 40 hari.

3. Menentukan batas 3σ dengan jumlah *Brake Drum* yang diperiksa sebanyak 135 unit dan jumlah unit yang *defect* sebanyak 3 unit pada hari pertama dibulan November 2017.

$$3\sigma = 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{k}} = 3 \sqrt{\frac{0,0408(1-0,0408)}{135}} = 0,0511$$

Dimana:

k = Jumlah unit yang diperiksa pada hari ke- i

4. Menentukan Batas Kendali Atas (BKA atau UCL) dan Batas Kendali Bawah (BKB atau LCL)

$$UCL = \bar{p} + 3\sigma = 0,0408 + 0,0511 = 0,0919$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sigma = 0,0408 - 0,0511 = -0,0103$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk hari ke-2 sampai dengan hari ke-40. Rekapitulasi hasil perhitungan batas-batas kendali selama 40 hari dapat dilihat pada Tabel 5.4 dimana diketahui masing-masing jumlah unit yang diproduksi dan jumlah unit *defect*.

Tabel 5.3. Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p Setelah Perbaikan

No	Tanggal	Jumlah Produksi (unit)	Total Defect (unit)	Proporsi (p)	CL	UCL	LCL
1	01/11/2017	135	3	0,0222	0,0408	0,0919	-0,0103
2	02/11/2017	138	7	0,0507	0,0408	0,0913	-0,0097
3	03/11/2017	140	5	0,0357	0,0408	0,0909	-0,0093
4	06/11/2017	132	6	0,0455	0,0408	0,0924	-0,0108
5	07/11/2017	135	4	0,0296	0,0408	0,0919	-0,0103
6	08/11/2017	136	3	0,0221	0,0408	0,0917	-0,0101
7	09/11/2017	137	3	0,0219	0,0408	0,0915	-0,0099
8	10/11/2017	137	4	0,0292	0,0408	0,0915	-0,0099
9	13/11/2017	136	7	0,0515	0,0408	0,0917	-0,0101
10	14/11/2017	140	8	0,0571	0,0408	0,0909	-0,0093
11	15/11/2017	133	4	0,0301	0,0408	0,0922	-0,0106
12	16/11/2017	138	7	0,0507	0,0408	0,0913	-0,0097
13	17/11/2017	135	5	0,0370	0,0408	0,0919	-0,0103
14	20/11/2017	140	6	0,0429	0,0408	0,0909	-0,0093
15	21/11/2017	130	5	0,0385	0,0408	0,0928	-0,0112
16	22/11/2017	138	8	0,0580	0,0408	0,0913	-0,0097

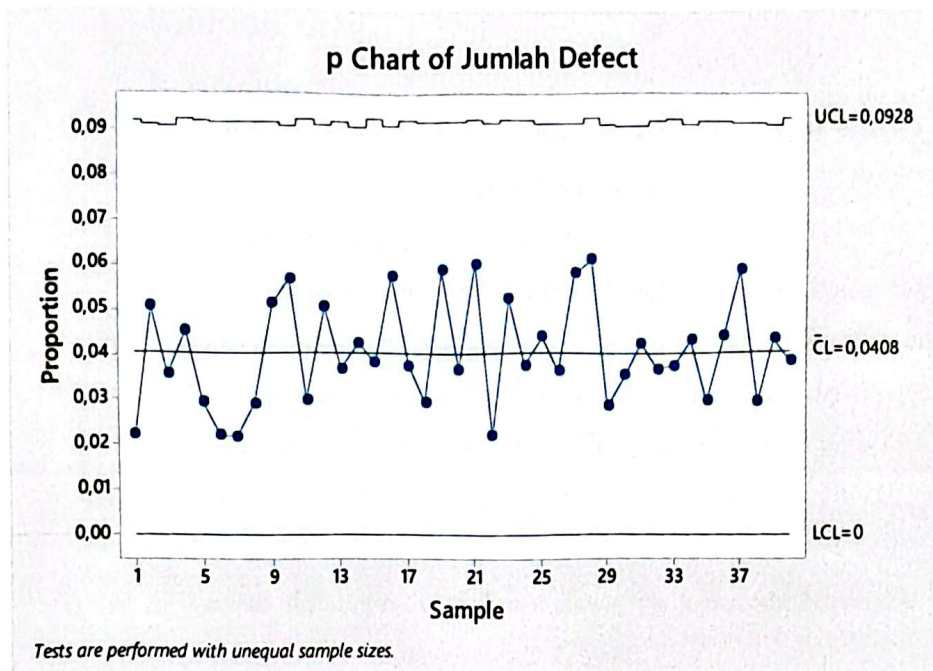
Tabel 5.3. Rekapitulasi Perhitungan Batas Kendali dalam Peta Kendali p Setelah Perbaikan (lanjutan)

17	23/11/2017	132	5	0,0379	0,0408	0,0924	-0,0108
18	24/11/2017	135	4	0,0296	0,0408	0,0919	-0,0103
19	27/11/2017	135	8	0,0593	0,0408	0,0919	-0,0103
20	28/11/2017	135	5	0,0370	0,0408	0,0919	-0,0103
21	29/11/2017	132	8	0,0606	0,0408	0,0924	-0,0108
22	30/11/2017	136	3	0,0221	0,0408	0,0917	-0,0101
23	04/12/2017	133	7	0,0526	0,0408	0,0922	-0,0106
24	05/12/2017	132	5	0,0379	0,0408	0,0924	-0,0108
25	06/12/2017	136	6	0,0441	0,0408	0,0917	-0,0101
26	07/12/2017	137	5	0,0365	0,0408	0,0915	-0,0099
27	08/12/2017	137	8	0,0584	0,0408	0,0915	-0,0099
28	11/12/2017	130	8	0,0615	0,0408	0,0928	-0,0112
29	12/12/2017	139	4	0,0288	0,0408	0,0911	-0,0095
30	13/12/2017	140	5	0,0357	0,0408	0,0909	-0,0093
31	14/12/2017	140	6	0,0429	0,0408	0,0909	-0,0093
32	15/12/2017	135	5	0,0370	0,0408	0,0919	-0,0103
33	18/12/2017	132	5	0,0379	0,0408	0,0924	-0,0108
34	19/12/2017	138	6	0,0435	0,0408	0,0913	-0,0097
35	20/12/2017	134	4	0,0299	0,0408	0,0920	-0,0104
36	21/12/2017	135	6	0,0444	0,0408	0,0919	-0,0103
37	22/12/2017	136	8	0,0588	0,0408	0,0917	-0,0101
38	27/12/2017	136	4	0,0294	0,0408	0,0917	-0,0101
39	28/12/2017	138	6	0,0435	0,0408	0,0913	-0,0097
40	29/12/2017	130	5	0,0385	0,0408	0,0928	-0,0112
Jumlah (Σ)		$\Sigma k = 5.423$	$\Sigma np = 221$	0,0408			

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 5.3 merupakan rekapitulasi perhitungan batas kendali dalam peta kendali p setelah perbaikan. Jumlah produksi sebesar 5.423 unit dengan jumlah defect sebesar 221 unit dan nilai rata-rata proporsi sebesar 0,0408.

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan pada Tabel 5.4 maka dibuat peta kendali p yang dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Peta Kendali p untuk Jumlah Cacat Harian Bulan November – Desember 2017 Setelah Perbaikan
Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari peta kendali pada Gambar 5.2 diketahui bahwa semua data masuk dalam batas kontrol, artinya proses yang berjalan setelah adanya implementasi dapat terkendali secara statistik dan akan digunakan sebagai perencanaan pengendali periode mendatang.

5.3.2 Pengukuran *Baseline* Kinerja Setelah Perbaikan

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

1. Perhitungan DPMO

a. *Unit (U)*

Jumlah produksi *Brake Drum* Hino 4620A pada periode November – Desember 2017 sebanyak 5.423 unit.

b. *Opportunities (OP)*

Berdasarkan persyaratan karakteristik kebutuhan pelanggan, maka dapat diketahui terdapat tiga jenis karakteristik terjadinya *defect* atau CTQ potensial yaitu *misrun*. Berdasarkan jenis *defect* yang dihasilkan itu berarti ada empat kesempatan terjadinya *defect* pada setiap unit produk yang dihasilkan.

c. *Defect (D)*

Jumlah *defect* produksi *Brake Drum* pada periode November – Desember 2017 adalah sebesar 221 unit.

d. *Defect per Unit (DPU)*

$$DPU = \frac{D}{U} = \frac{221}{5.423} = 0,0408$$

e. *Total Opportunities (TOP)*

$$\begin{aligned} TOP &= U \times OP \\ &= 5.432 \times 4 = 21.728 \end{aligned}$$

f. *Defect per Opportunities (DPO)*

$$DPO = \frac{D}{TOP} = \frac{221}{21.728} = 0,0102$$

g. *Defect per Million opportunities (DPMO)*

$$\begin{aligned} DPMO &= DPO \times 10^6 \\ &= 0,0102 \times 1.000.000 = 10.200 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa jumlah cacat per satu juta kesempatan (DPMO) pada produksi *Brake Drum* Hino 4620A adalah 10.200 DPMO.

2. Perhitungan *Level Sigma*

Setelah diketahui DPMO perusahaan, selanjutnya adalah menghitung *Level Sigma* perusahaan setelah dilakukan perbaikan. *Level Sigma* didapat dengan mengkonversikan nilai DPMO perusahaan ke dalam tabel *Level Sigma* yang ada di Lampiran. Dari perhitungan sebelumnya telah diketahui bahwa DPMO perusahaan saat ini untuk *Brake Drum* Hino 4620A adalah 10.200 DPMO.

Pada tabel *Level Sigma*, nilai 10.200 DPMO berada pada *Level Sigma* 3,81–3,82, maka untuk mengetahui *Level Sigma* perusahaan dilakukan dengan interpolasi, dimana untuk nilai DPMO 3,81 = 10.444 dan 3,82 = 10.170, maka *Level Sigma* perusahaan:

$$\frac{10.444 - 10.200}{10.200 - 10.170} = \frac{3,81 - x}{x - 3,82}$$

$$\frac{244}{30} = \frac{3,81 - x}{x - 3,82}$$

$$244(x - 3,82) = 30(3,81 - x)$$

$$244x - 932,08 = 114,3 - 30x$$

$$30x + 244x = 114,3 + 932,08$$

$$274x = 1.046,38$$

$$x = 3,8189$$

Dari hasil perhitungan didapat *Level Sigma* perusahaan untuk produksi *Brake Drum* Hino 4620A pada saat ini berada pada *Level* 3,8189 *sigma*. Artinya terdapat 3,8189 *defect* dari sejuta peluang.

5.3.3 Analisis Perbandingan Nilai DPMO dan *Level Sigma* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Perbandingan DPMO (*Defects Per Millon Opportunities*) dan *Level Sigma* dilakukan untuk mengetahui apakah DPMO setelah perbaikan mengalami penurunan dari DPMO sebelum perbaikan, sedangkan *Level Sigma* mengalami kenaikan setelah upaya perbaikan diimplementasikan terhadap proses.

1. Perbandingan jumlah DPMO sebelum dan sesudah perbaikan

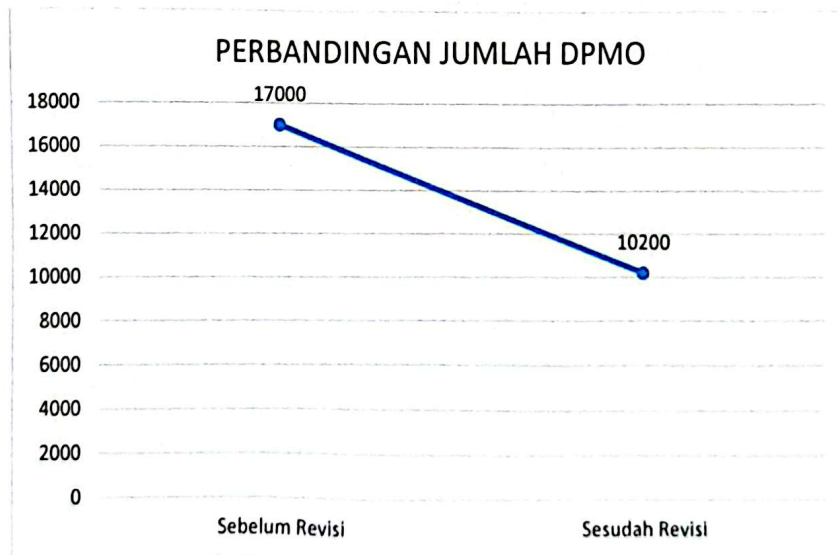
Perbandingan jumlah DPMO dan *Level Sigma* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat perubahan yang terjadi setelah perbaikan diimplementasikan. Perbandingan jumlah DPMO pada proses *die casting* untuk *Brake Drum Hino 4620A* yang ditampilkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Perbandingan Jumlah DPMO Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Jumlah DPMO		Selisih	Ket.
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan		
17.000	10.200	6.800	Turun

Sumber: Pengolahan Data

Perbandingan jumlah DPMO sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Perbandingan Jumlah DPMO

Sumber: Pengolahan Data

Berdasarkan Gambar 5.3 dapat diketahui perbandingan DPMO untuk *Brake Drum Hino 4620A*. DPMO sebelum implementasi sebesar 17.000 DPMO dan sesudah implementasi sebesar 10.200 DPMO. Terjadi penurunan nilai DPMO dengan selisih DPMO sebelum dan sesudah

implementasi sebesar 6.800. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa DPMO sesudah implementasi lebih rendah dari sebelum implementasi.

2. Perbandingan *Level Sigma* sebelum dan sesudah perbaikan

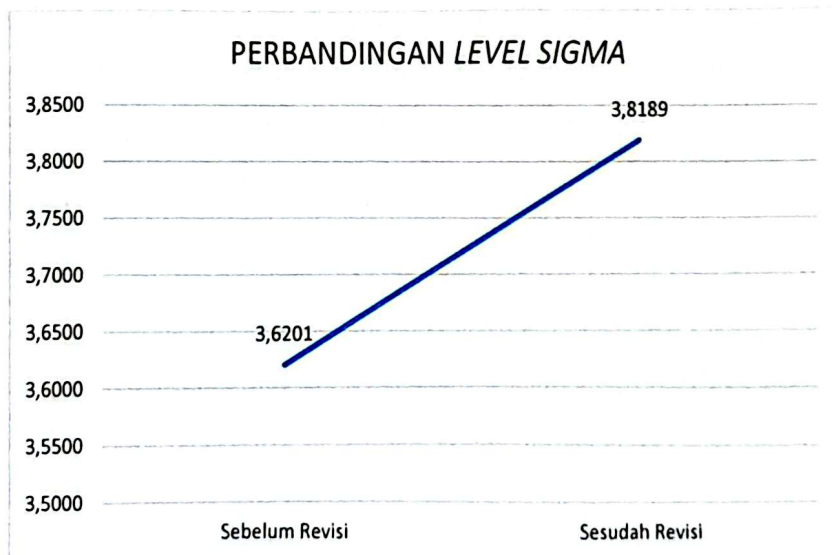
Untuk *Level Sigma*, perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Perbandingan *Level Sigma* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

<i>Level Sigma</i>		Selisih	Ket.
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan		
3,6201	3,8189	0,1988	Naik

Sumber: Pengolahan Data

Perbandingan *Level Sigma* sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Perbandingan *Level Sigma*

Sumber: Pengolahan Data

Berdasarkan Gambar 5.4 dapat diketahui perbandingan *Level Sigma* untuk *Brake Drum Hino 4620A*. *Level Sigma* sebelum implementasi sebesar 3,6201 *Sigma* dan sesudah implementasi sebesar 3,8189 *Sigma*. Sehingga terjadi peningkatan *Level Sigma* sebesar 0,1988 *Sigma*. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *Level Sigma* sesudah implementasi

lebih baik dari sebelum implementasi. Tetapi masih diperlukan perbaikan agar *Level Sigma* dapat meningkat lagi hingga menuju *Level Six Sigma* (6σ) pada masa yang akan datang.

5.3.4 Control Plan

Control plan yang perlu dilakukan oleh pihak manajemen perusahaan sebagai upaya meminimalisir jumlah *defect Brake Drum* Hino 4620A dengan melakukan perawatan pada *mold* secara tepat, baik dan kontinyu untuk mencapai hasil yang baik. Setiap 3.000 kali *shoot*, *mold* diturunkan dari mesin dan dilakukan proses perawatan. Perawatan *mold* antara lain sebagai berikut:

1. *Polishing*, yaitu perlakuan perawatan *mold* dengan cara *cavity* (rongga permukaan *mold*) diampelas agar permukaan *cavity* tersebut bersih dari sisa-sisa FC 25 yang menempel pada *cavity*.
2. *Tempering*, yaitu perlakuan perawatan *mold* dengan cara *mold* dipanaskan menggunakan oven dengan suhu tertentu dalam waktu 4 jam, *mold* bisa *stress* bila terkena suhu panas dan dingin secara berubah-ubah terus menerus.
3. *Las Depositron*, yaitu proses perawatan *mold* dengan cara pengelasan menggunakan bahan tertentu sehingga terbentuk lapisan beberapa mikron pada *mold* atau *cavity* agar tidak cepat rusak atau *crack*.
4. *Welding*, yaitu proses perawatan *mold* dengan cara penambalan dengan las pada bagian *mold* yang rusak setelah itu dihaluskan atau dibentuk dengan gerinda atau ampelas.

Perawatan *mold* berguna juga untuk menambah *life time* atau usia pakai *mold* menjadi lebih panjang. *Mold* bisa digunakan 40 ribu hingga 50 ribu *shoot*, tetapi dengan perawatan yang baik, *mold* bisa digunakan mencapai 150 ribu *shoot*.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengumpulan serta pengolahan data, analisa dan hasil implementasi perbaikan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *defect* di proses *die casting* pada produksi *Brake Drum* Hino 4620A yaitu:

- a. Faktor *Man* (Manusia)

Pekerja ada yang bekerja secara tidak konsisten karena cenderung bekerja dengan terburu-buru untuk mencapai target produksi sehingga mengakibatkan kelelahan dan kurangnya ketelitian pada saat melakukan pekerjaan. Kurangnya pengawasan terhadap pekerja juga menyebabkan adanya pekerja yang tidak disiplin dalam melakukan penimbangan komposisi material sehingga mempengaruhi cacat yang terjadi pada produksi *Brake Drum* yang dihasilkan. Meskipun pekerja harus mengejar target produksi, sebaiknya pekerja juga harus tetap bisa menghasilkan produk yang baik. Oleh karena itu dibutuhkan pengawasan kepada pekerja dalam proses produksi *die casting Brake Drum* terutama pada saat penimbangan bahan baku atau material.

- b. Faktor *Method* (Metode)

Kondisi *modal* yang kasar terjadi karena pada saat dilakukan penyemprotan cairan pelumas *die face*, kondisi suhu *modal* tinggi sehingga cairan pelumas *die face* pada *modal* cepat mengering dan menyebabkan cairan logam menempel pada *modal*. Hal ini terjadi akibat jumlah *modal* yang sedikit sehingga perputaran penggunaan *modal* terlalu cepat sebelum kondisi suhu *modal* dingin.

2. Hasil perbandingan DPMO dan *Level Sigma* sebelum dan sesudah implementasi pengendalian kualitas pada proses produksi *Brake Drum* Hino 4620A dengan menggunakan pendekatan DMAIC yaitu:
 - a. Nilai DPMO sebelum implementasi adalah 17.000 unit dan nilai DPMO sesudah implementasi menurun sebesar 10.200 unit. Selisih nilai DPMO sebelum dan sesudah implementasi sebesar 6.800 unit.
 - b. *Level Sigma* sebelum implementasi adalah 3,6201 *sigma* dan *Level Sigma* sesudah implementasi adalah sebesar 3,8189 *sigma*. *Level Sigma* sebelum dan sesudah implementasi mengalami kenaikan sebesar 0,1988.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan penelitian, maka dikemukakan beberapa saran yang mungkin dapat bermanfaat bagi peningkatan kualitas di PT Braja Mukti Cakra, antara lain:

1. Melakukan *setting* pada mesin *spray* agar pergerakannya sesuai setiap sebelum melakukan proses produksi sehingga hasil injeksi baik dan melakukan perawatan *mold* secara rutin sebelum melakukan proses produksi dan terjadwal minimal setiap tiga bulan sekali.
2. Menyesuaikan target produksi dengan kapasitas produksi.
3. Melakukan pengawasan lebih terhadap pekerja pada saat proses produksi berlangsung terutama pada saat proses penimbangan material agar sesuai standar.
4. Penambahan jumlah *mold* agar dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi.
5. Implementasi perbaikan *Six Sigma* sebaiknya dilanjutkan oleh pihak manajemen secara berkelanjutan dan diterapkan pada semua bagian perusahaan, untuk dapat meningkatkan kualitas hingga menuju *Level Six Sigma* (6σ) pada akhirnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D. W. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam manajemen Kualitas)*. Yogyakarta : ANDI.
- Assauri, S. 2008. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Revisi. Jakarta: LPFEUL.
- Evans J. R., dan W. M. Lindsay. 2007. *Pengantar Six Sigma (An Introduction to Six Sigma and Process Improvement)*. Jakarta: Salemba Empat.
- Feigenbaum, A. V. 1996. *Kendali Mutu Terpadu. Edisi Ketiga (Cetakan Kedua)*. Jakarta: Erlangga.
- Gaspersz, V. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HCCP*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Grant, E. L., dan R. S. Leavenworth. 1998. *Pengendalian Mutu Statistis. Jilid Pertama (Edisi Keenam)*. Jakarta: Erlangga.
- Irwan, dan D. Haryono 2015. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif)*. Cetakan Kesatu. Bandung: Alfabeta.
- Ishikawa, K. 1989. *Teknik Penuntun Pengendalian Mutu. Edisi Pertama (Cetakan Pertama)*. Jakarta: Mediyatama Sarana Perkasa.
- Pande, P. S., Robert P. N., dan Ronald R. C. 2003. *The Six Sigma Way, Bagaimana GE, Motorola, dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Edisi Kedua. Yogyakarta: ANDI.
- Purnomo, H. 2004. *Pengantar Teknik Industri. Edisi Kedua (Cetakan Pertama)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pzydek, T. 2002. *The Six Sigma Hand Book, Panduan Lengkap Untuk Greenbelts, Blackbelts, dan Manajer pada Semua Tingkat. Edisi Pertama*. Jakarta: Salemba Empat.
- Syukron, Amin., dan M. Kholil. 2013. *Six Sigma Quality For Business Improvement*. Edisi Pertama (Cetakan Pertama). Yogyakarta: Graha Ilmu.

Wibisono, Y. Y., dan T. Sutopo. 2013. *Implementasi Metode DMAIC-Six Sigma dalam Perbaikan Mutu di Industri Kecil Menengah. Studi Kasus Perbaikan Mutu Produk Spring Adjuster di PT E. Seminar Nasional IENACC-2013*. ISSN: 2337-4369

Tjiptono, F., dan A. Diana. 2013. *Total Quality Management. Edisi Kelima (Edisi Revisi)*. Yogyakarta: ANDI.

www.anggruzipen.com

Table of Control Chart Constants

Tabel LIII.1 Perbedaan True 6-Sigma dengan Motorola's 6-Sigma

True 6-Sigma Process (Normal Distribution Centered)			Motorola's 6-Sigma Process (Normal Distribution Shifted 1.5-sigma)		
Batas Spesifikasi (LSL - USL)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL - USL)	DPMO (kegagalan/cacat per sejuta kesempatan)	Batas Spesifikasi (LSL - USL)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL - USL)	DPMO (kegagalan/cacat per sejuta kesempatan)
±1-sigma	68,27%	317.300	±1-sigma	39,538%	691.462
±2-sigma	95,45%	45.500	±2-sigma	69,1462%	108.538
±3-sigma	99,73%	2.700	±3-sigma	93,3193%	65.807
±4-sigma	99,9937%	63	±4-sigma	99,3790%	6.210
±5-sigma	99,999943%	0,57	±5-sigma	99,9757%	23
±6-sigma	99,9999998%	0,002	±6-sigma	99,99966%	3,4

Nilai-nilai DPMO (Defects Per Million Opportunities) dan pergeseran berbagai nilai rata-rata dari proses pada berbagai tingkat sigma ditunjukkan dalam Tabel LIII.2. Nilai-nilai ini secara lengkap ditunjukkan dalam Lampiran 5.

Tabel LIII.2 Nilai-nilai DPMO dari Pencapaian Berbagai Tingkat Sigma dan Pergeseran Nilai Rata-rata (Mean) Proses Industri dari Nilai Spesifikasi Target Kualitas (T)

Off-centering Quality Level (z)	1-sigma	1,5-sigma	2-sigma	2,5-sigma	3-sigma	3,5-sigma	4-sigma	4,5-sigma	5-sigma	5,5-sigma	6-sigma
0,00-sigma	317.311	133.614	45.500	12.419	2.700	465	63	7	1	0	0
0,10-sigma	184.060	80.757	28.716	8.198	1.866	337	48	5	0	0	0
0,20-sigma	211.855	96.801	35.930	10.724	2.555	483	72	9	1	0	0
0,30-sigma	241.964	115.070	44.565	13.903	3.467	687	108	13	1	0	0
0,40-sigma	274.253	135.666	54.799	17.864	4.661	968	159	21	2	0	0
0,50-sigma	308.538	158.655	66.807	22.750	6.210	1.350	233	32	3,4	0	0
0,60-sigma	344.578	184.060	80.757	28.716	8.198	1.866	337	48	5	0	0
0,70-sigma	382.029	211.855	96.801	35.930	10.724	2.555	483	72	9	1	0
0,80-sigma	420.740	241.964	115.070	44.565	13.903	3.467	687	108	13	1	0
0,90-sigma	460.172	274.253	135.666	54.799	17.864	4.661	968	159	21	2	0
1,00-sigma	500.000	308.538	158.655	66.807	22.750	6.210	1.350	233	32	3,4	0
1,10-sigma	539.828	344.578	184.060	80.757	28.716	8.198	1.866	337	48	5	0
1,20-sigma	579.260	382.029	211.855	96.801	35.930	10.724	2.555	483	72	9	1
1,30-sigma	617.911	420.740	241.964	115.070	44.565	13.903	3.467	687	108	13	1
1,40-sigma	655.422	460.172	274.253	135.666	54.799	17.864	4.661	968	159	21	2
1,50-sigma	691.462	500.000	308.538	158.655	66.807	22.750	6.210	1.350	233	32	3,4

Sumber: nilai-nilai dibandingkan menggunakan program oleh: Vincent Gasperst (2012)

Table of Control Chart Constants

Lampiran 5. Koefisien DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
0,00	933.193	0,51	832.913	1,02	664.386	1,53	488.377
0,01	931.864	0,52	835.457	1,03	660.822	1,54	484.701
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	476.070
0,04	927.855	0,55	829.944	1,06	670.031	1,57	472.070
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	665.402	1,58	468.179
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.140
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.175
0,08	922.196	0,59	818.569	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.240
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.263
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.870	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.556	0,64	805.166	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.503
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	416.814
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	405.161
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	764.236	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169
0,33	878.999	0,84	745.373	1,35	559.618	1,86	359.424
0,34	876.976	0,85	742.154	1,36	555.670	1,87	355.691
0,35	874.928	0,86	738.914	1,37	551.717	1,88	351.973
0,36	872.857	0,87	735.653	1,38	547.758	1,89	348.269
0,37	870.762	0,88	732.371	1,39	543.795	1,90	344.578
0,38	868.643	0,89	729.069	1,40	539.828	1,91	340.903
0,39	866.500	0,90	725.747	1,41	535.856	1,92	337.243
0,40	864.334	0,91	722.405	1,42	531.881	1,93	333.598
0,41	862.143	0,92	719.043	1,43	527.903	1,94	329.969
0,42	859.929	0,93	715.661	1,44	523.922	1,95	326.355
0,43	857.690	0,94	712.260	1,45	519.939	1,96	322.758
0,44	855.428	0,95	708.840	1,46	515.953	1,97	319.178
0,45	853.141	0,96	705.402	1,47	511.967	1,98	315.614
0,46	850.830	0,97	701.944	1,48	507.978	1,99	312.067
0,47	848.495	0,98	698.468	1,49	503.989	2,00	308.538
0,48	846.136	0,99	694.974	1,50	500.000	2,01	305.026
0,49	843.752	1,00	691.462	1,51	496.011	2,02	301.532
0,50	841.345	1,01	687.933	1,52	492.022	2,03	298.056

Sumber: nilai-nilai diadopsikan menggunakan program oleh: Vincent Gasperst (2012)

Table of Control Chart Constants

Lampiran 5. Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Mótrolá (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.393	2,55	146.859	3,06	39.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	38.205	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	37.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	35.917	3,60	17.854
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	34.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	33.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	32.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	31.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.233	3,14	30.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	29.471	3,66	15.385
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	28.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	27.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	26.479	3,69	14.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	25.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	24.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	23.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	22.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	21.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.345	3,24	20.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.480	3,25	20.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	19.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	18.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	17.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	16.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	15.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	15.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	14.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	13.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	12.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	12.157	3,86	9.137
2,34	200.452	2,85	88.508	3,36	11.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	10.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.341	3,38	10.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.422	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,42	26.793	3,94	7.344
2,42	178.786	2,93	76.359	3,41	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.216	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.693	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.175	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gasperst (2012)

Table of Control Chart Constants

Lampiran 5. Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4,940	4,37	1,001	5,10	159	5,61	12
4,09	4,799	4,36	982	5,11	152	5,62	12
4,10	4,661	4,35	966	5,12	147	5,63	12
4,11	4,527	4,34	951	5,13	142	5,64	12
4,12	4,397	4,33	937	5,14	136	5,65	12
4,13	4,269	4,32	924	5,15	131	5,66	12
4,14	4,145	4,31	911	5,16	126	5,67	12
4,15	4,025	4,30	899	5,17	121	5,68	12
4,16	3,907	4,29	887	5,18	117	5,69	12
4,17	3,793	4,28	876	5,19	112	5,70	12
4,18	3,681	4,27	865	5,20	108	5,71	12
4,19	3,573	4,26	854	5,21	104	5,72	12
4,20	3,467	4,25	844	5,22	100	5,73	12
4,21	3,364	4,24	834	5,23	96	5,74	12
4,22	3,264	4,23	824	5,24	92	5,75	12
4,23	3,167	4,22	814	5,25	88	5,76	12
4,24	3,072	4,21	805	5,26	85	5,77	12
4,25	2,980	4,20	796	5,27	82	5,78	12
4,26	2,890	4,19	787	5,28	79	5,79	12
4,27	2,803	4,18	779	5,29	76	5,80	12
4,28	2,718	4,17	771	5,30	73	5,81	12
4,29	2,635	4,16	763	5,31	70	5,82	12
4,30	2,555	4,15	755	5,32	67	5,83	12
4,31	2,477	4,14	748	5,33	64	5,84	12
4,32	2,401	4,13	741	5,34	62	5,85	12
4,33	2,327	4,12	734	5,35	59	5,86	12
4,34	2,256	4,11	728	5,36	57	5,87	12
4,35	2,186	4,10	721	5,37	54	5,88	12
4,36	2,118	4,09	715	5,38	52	5,89	12
4,37	2,052	4,08	709	5,39	50	5,90	12
4,38	1,988	4,07	703	5,40	48	5,91	12
4,39	1,926	4,06	697	5,41	46	5,92	12
4,40	1,866	4,05	691	5,42	44	5,93	12
4,41	1,807	4,04	685	5,43	42	5,94	12
4,42	1,750	4,03	680	5,44	41	5,95	12
4,43	1,695	4,02	674	5,45	39	5,96	12
4,44	1,641	4,01	669	5,46	37	5,97	12
4,45	1,589	4,00	663	5,47	36	5,98	12
4,46	1,538	3,99	658	5,48	34	5,99	12
4,47	1,489	3,98	653	5,49	33	6,00	12
4,48	1,441	3,97	648	5,50	32		12
4,49	1,395	3,96	643	5,51	30		12
4,50	1,350	3,95	638	5,52	29		12
4,51	1,306	3,94	633	5,53	28		12
4,52	1,264	3,93	628	5,54	27		12
4,53	1,223	3,92	623	5,55	26		12
4,54	1,183	3,91	618	5,56	25		12
4,55	1,144	3,90	613	5,57	24		12
4,56	1,107	3,89	608	5,58	23		12
4,57	1,070	3,88	603	5,59	22		12
4,58	1,035	3,87	598	5,60	21		12

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gasperz (2012)

Contoh: Tabel konversi ini mencakup pergeseran 1,5-sigma untuk setiap nilai Z