

**PERBAIKAN KUALITAS CASTING BRACKET TRUNION BT1804 PADA
PROSES FOUNDRY DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA) DI PT BAKRIE AUTOPARTS**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Penyelesaian
Program Studi D-IV Teknik Industri Otomotif
Pada Politeknik STMI Jakarta

Oleh :

NAMA : Lana Gustia
NIM : 1113018



**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2019**

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL LAPORAN TUGAS AKHIR:

**“PERBAIKAN KUALITAS *CASTING BRACKET TRUNION BT1804* PADA
PROSES *FOUNDRY* DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA)* DI PT BAKRIE AUTOPARTS”**

DISUSUN OLEH:

NAMA : LANA GUSTIA

NIM : 1113018

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk memenuhi salah satu persyaratan akademis dalam Program Diploma IV Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

Menyetujui,
Jakarta, Juli 2019
Dosen Pembimbing



Lucyana Tresia, M.T
NIP. 19780301.2008032.001

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL LAPORAN TUGAS AKHIR:

**“PERBAIKAN KUALITAS CASTING BRACKET TRUNION BT1804 PADA
PROSES FOUNDRY DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA) DI PT BAKRIE AUTOPARTS”**

DISUSUN OLEH:

NAMA : LANA GUSTIA
NIM : 11113018
PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta pada hari Kamis, tanggal 12 September 2019.

Jakarta, 20 September 2019

Dosen Penguji 1



Lucyana Tresia, M.T
NIP: 19780301.2008032.001

Dosen Penguji 2



Dr. Hendrastuti H, SH, MT
NIP: 195410301989032.001

Dosen Penguji 3



Muhamad Agus, S.T, M.T
NIP: 197008292002121.001

Dosen Penguji 4



Dianasanti Salati, M.T
NIP: 198109112009012.007



LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Lara. Gunia
 NIM : 1113018
 Judul TA : PERBAIKAN KUALITAS CASTING BRACET TRUNION BT1804
PADA PROSES FOUNDRY DENGAN METODE FAILURE MODE
AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DI PT BAKRIE AUTOPARTS
 Pembimbing : Lucyana Tresia, MT
 Asisten Pembimbing :

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
7/01/19	Bab I	Bab I revisi	<u>HB</u>
11/01/19	Bab I, II	Bab I, II revisi	<u>HB</u>
16/01/19	Bab I, II, III	Bab I Acc, Bab II, III revisi	<u>HB</u>
18/01/19	Bab II, III	Bab II Acc, Bab III revisi	<u>HB</u>
23/01/19	Bab III, IV	Bab III Acc, Bab IV revisi	<u>HB</u>
18/02/19	Bab IV	Bab IV revisi	<u>HB</u>
21/02/19	Bab V	Bab V Acc	<u>HB</u>
23/02/19	Bab V, VI	Bab V, VI revisi	<u>HB</u>
1/03/19	Bab V, VI	Bab V, VI revisi	<u>HB</u>
9/03/19	Bab V, VI	Bab V Acc, Bab VI revisi	<u>HB</u>
12/03/19	Bab VI	Bab VI revisi	<u>HB</u>
16/03/19	Bab VI	Bab VI Acc	<u>HB</u>
24/03/19	Bab I, II, III, IV, V, VI	Bab I, II, III, IV, V, VI Acc	<u>HB</u>

Mengetahui,
Ka Prodi

TIO

Muhammad Aqiq, ST, MT

NIP : 1970 0829 2002 1210 01

Pembimbing

HB

Lucyana Tresia, MT

NIP : 1978 0301 2008 0320 01

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Program Studi Teknik Industri Otomotif, Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI:

NAMA : LANA GUSTIA

NIM : 1113018

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul: **PERBAIKAN KUALITAS CASTING BRACKET TRUNION BT1804 PADA PROSES FOUNDRY DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DI PT BAKRIE AUTOPARTS,**

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, penelitian dilapangan, dibantu dosen pembimbing, dan dari buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam refrensi Tugas Akhir ini.
2. Bukan merupakan duplikasi Tugas Akhir yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan Tugas Akhir orang lain, dan bukan merupakan terjemahan dari Tugas Akhir orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada refrensi Tugas Akhir ini.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya tidak benar.

Jakarta, 24 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



ABSTRAK

PT Bakrie Autoparts adalah perusahaan industri komponen otomotif yang bergerak dalam bidang *"ferrous foundry and precision machining"*. PT Bakrie Autoparts memiliki dua *plant* yang mendukung proses produksinya. Salah satunya *plant foundry* yang menjadi objek penelitian, karena pada proses produksinya masih banyak ditemukan *casting reject*. Salah satunya adalah *Casting Bracket Trunion BT1804*, dari data pada bulan Mei 2018 menunjukan *Casting Bracket Trunion BT1804* memiliki persentase *reject* sebesar 5,84%, sedangkan target *reject* yang ditetapkan sebesar 5% dari jumlah *Casting Bracket Trunion BT1804* yang diinspeksi per bulan. Jenis *reject* yang dihasilkan seperti *sand inclusion, scabbing, gas hole, shrinkage, missrun, crash, broken casting, mould* retak, *bad mould, bad core*. Dalam permasalahan ini, perlu adanya suatu metode pengendalian kualitas yang diharapkan dapat mencegah dan mengurangi terjadinya kegagalan proses tersebut. Adapun metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan *tool diagram* sebab-akibat (*fishbone diagram*) yang bertujuan untuk mengetahui kegagalan potensial dan penyebab kegagalan potensial berdasarkan nilai RPN tertinggi. Hasil perhitungan nilai RPN tertinggi didapatkan bahwa potensial kegagalan disebabkan oleh waktu standar pemanasan *core* hanya 5 menit. Penyebab kegagalan tersebut kemudian menjadi acuan untuk membuat usulan perbaikan dengan menggunakan metode 5W+1H yang kemudian diimplementasikan. Setelah dilakukan tindakan perbaikan pada penyebab kegagalan yang diprioritaskan, maka didapatkan persentase *reject Casting Bracket Trunion BT1804* turun menjadi 4,69%.

Kata kunci: *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*), RPN

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“PERBAIKAN KUALITAS CASTING BRACKET TRUNION BT1804 PADA PROSES FOUNDRY DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DI PT BAKRIE AUTOPARTS”** yang ditulis untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I.

Pada kesempatan ini perkenalkanlah penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya. Ungkapan terimakasih yang pertama saya ucapkan kepada kedua orang tua penulis, Ibu Eni Nur Rusmiati dan Bapak Sujarno, yang tiada henti-hentinya berdoa dan memberi motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Kemudian saya ucapkan pula rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak DR. Mustofa, S.T, M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I.
- Bapak Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, MT. Selaku Pembantu Direktur I, Bidang Akademik Politeknik STMI Jakarta.
- Bapak Muhamad Agus, S.T, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta.
- Ibu Lucyana Tresia, M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan petunjuk serta saran-saran dalam penulisan laporan ini.
- Bapak Wiwiet Hardyanto selaku *Manager HR & Development* di PT Bakrie Autoparts.
- Bapak Fauzia Alfarisi H dan Harmono selaku mentor selama menjalani kerja lapangan di PT Bakrie Autoparts.

- Seluruh *staff* serta karyawan *Quality Foundry* dan *Engineering* yang telah memberikan waktu dan tenaga dan pikiran kepada penulis selama melaksanakan Praktek Kerja Lapangan.
- Teman-teman FORM 2012, 2013, 2014, terutama Harits, Ilham, Robi, Faiz, Argo, Nurul Rachman, Aris, Rio, Mathew, Vandy, Ikhsan, Ritalia, Dina, Peby, Tata seperjuangan selama kuliah di Politeknik STMI Jakarta yang selalu memberi semangat dan tidak henti-hentinya mengingatkan.
- Sahabat-sahabat yang selalu ada dan memberi semangat, Yudha Wibowo, Marfrans Ardhi, Agus Eko P, Kris Anggoro, dan Adining Siti Latifah P.
- Dan semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan namanya satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak luput dari kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf dan menerima kritik serta saran yang membangun untuk kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi para pembaca.

Jakarta, Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang Masalah.....	1
1.2.Perumusan Masalah	2
1.3.Tujuan Penelitian	3
1.4.Pembatasan Masalah	3
1.5.Manfaat Penelitian	3
1.6.Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1.Pengertian Pengecoran Logam.....	6
2.2.Pengertian Kualitas	8
2.3.Pengendalian Kualitas	13
2.4. <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	23
2.5.Analisis Masalah dengan Menggunakan 5W+1H.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1.Tahapan Metodologi Penelitian	34
3.2.Observasi Lapangan	36
3.3.Studi Literatur	36
3.4.Penentuan Masalah dan Tujuan Penelitian	36
3.5.Pengumpulan Data	36
3.6.Pengolahan Data.....	37
3.7.Analisis dan Pembahasan.....	39

3.8.Penutup.....	39
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	40
4.1.Pengumpulan Data	40
4.2.Pengolahan Data.....	54
4.3.Diagram <i>Fishbone</i>	62
4.4. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	63
BAB V ANALSIS MASALAH DAN PEMBAHASAN.....	70
5.1.Analisis Diagram Pareto	70
5.2.Analisis Peta Kendali p	70
5.3.Analisis Diagram <i>Fishbone</i>	71
5.4.Analisis <i>Risk Priority Number</i> (RPN).....	71
5.5.Rencana Perbaikan	72
BAB VI PENUTUP	83
6.1 Kesimpulan	83
6.2 Saran.....	84

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Lembar Kerja <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	26
Tabel 2.2 Efek, Kriteria, dan <i>Ranking Severity</i>	27
Tabel 2.3 Peluang Terjadinya Kegagalan, Tingkat Kemungkinan Kegagalan dan <i>Ranking Occurance</i>	29
Tabel 2.4 Kemungkinan Kesalahan Terdeteksi, Kriteria, dan <i>Ranking Detection</i> ...	30
Tabel 2.5 Analisis Pertanyaan 5W+1H	33
Tabel 4.1 Jumlah inspeksi dan <i>reject plant foundry</i> bulan Mei 2018	44
Tabel 4.2 Tabel jenis <i>reject casting Bracket Trunion BT1804</i>	51
Tabel 4.3 Jenis <i>reject</i> dan jumlah <i>reject</i>	54
Tabel 4.4 Perhitungan batas kendali untuk peta kendali p <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>	56
Tabel 4.5 Perhitungan batas kendali untuk peta kendali p <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (Revisi).....	58
Tabel 4.6 Faktor Penyebab <i>Reject Bad Core</i>	62
Tabel 4.7 <i>Potential Failure Mode</i> pada Proses <i>Foundry</i> Produksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>	64
Tabel 4.8 <i>Failure Effect</i> pada Proses <i>Foundry</i> Produksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>	64
Tabel 4.9. Nilai <i>Severity</i>	65
Tabel 4.10. Penentuan Nilai <i>Occurance</i>	65
Tabel 4.11. Pengendalian Proses pada Proses <i>Foundry</i>	66
Tabel 4.12. Penentuan Nilai <i>Detection</i>	67
Tabel 4.13. Penentuan Nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN)	68
Tabel 5.1 Usulan perbaikan 5W+1H.....	73
Tabel 5.2 Implementasi perbaikan <i>reject bad core</i> pada <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>	75

Tabel 5.3 Jumlah <i>reject Casting Bracket Trunion BT1804</i> setelah perbaikan.....	77
Tabel 5.4 Perhitungan peta kendali p setelah perbaikan	78
Tabel 5.5 Perbandingan DPMO dan <i>level sigma</i>	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pembuatan Benda Coran.....	6
Gambar 2.2 Diagram Pareto.....	16
Gambar 2.3 Diagram <i>Fishbone</i>	21
Gambar 3.1 Kerangka Pemecahan Masalah.....	34
Gambar 4.1 Gedung Kantor PT. Bakrie Autoparts	41
Gambar 4.2 Macam-Macam Tipe Produk yang Dihasilkan.....	44
Gambar 4.3 <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>	46
Gambar 4.4 <i>Flow Chart</i> Proses Produksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>	47
Gambar 4.5 Diagram Pareto Jenis <i>Reject</i>	55
Gambar 4.6 Peta kendali p <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>	58
Gambar 4.7 Peta kendali p <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> revisi.....	59
Gambar 4.8 Diagram <i>fishbone reject Bad core</i>	62
Gambar 5.1 Peta kendali p <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> setelah perbaikan.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Struktur Organisasi PT Bakrie Autoparts

Lampiran B. *Control Plan Casting Bracket Trunion BT1804*

Lampiran C. Tabel Dokumentasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Lampiran D. Jenis-Jenis *Reject Foundry*

Lampiran E. Tabel DPMO (*Defect Per Million Oppurtunities*)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan industri otomotif di Indonesia sudah meningkat sangat pesat. Hal tersebut ditandai dengan bertambahnya jumlah perusahaan otomotif dan ketatnya persaingan dalam menghasilkan produk-produk komponen otomotif yang murah dan berkualitas. Salah satu strategi perusahaan untuk mendapatkan keunggulan dalam bersaing adalah dengan terus-menerus meningkatkan pengendalian produksi untuk memperbaiki kualitas produk. Hal tersebut dikarenakan kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen dalam memilih produk.

PT Bakrie Autoparts merupakan perusahaan industri komponen otomotif yang bergerak dalam bidang “*Ferrous Foundry and Precision Machining*”. Perusahaan pengecoran logam (*foundry*) ini merupakan salah satu perusahaan tertua di Indonesia yang mulai memproduksi komponen otomotif sejak tahun 1983. PT Bakrie Autoparts mempunyai dua *plant* yang mendukung proses produksinya, meliputi *plant foundry* dan *plant machining*. *Plant* yang menjadi objek dalam penelitian ini yaitu *plant foundry*. *Plant foundry* merupakan tempat melakukan kegiatan manufaktur dengan menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan produk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi, yaitu berupa *casting*. Dari proses *foundry* dihasilkan berbagai macam *casting* seperti, *casting case bearing*, *casting exhaust manifold*, *casting fly wheel housing*, *casting rotor brake*, *casting knuckle*, *casting bracket trunion*, *casting stiffener*, *casting fly wheel*, *casting brake drum*, *casting hub rear* dan masih banyak jenis lainnya.

Dalam penelitian ini objek yang diteliti adalah *Casting Bracket Trunion BT1804*. Data pada bulan Mei 2018 menunjukan *Casting Bracket Trunion BT1804* memiliki persentase *reject* tertinggi sebesar 5,84%, sedangkan Departemen *Quality Foundry* menetapkan toleransi *reject* yang diperbolehkan

yaitu sebesar 5% dari jumlah *Casting Bracket Trunion BT1804* yang diinspeksi per bulan. Terdapat selisih sebesar 0,84% yang merupakan suatu masalah bagi perusahaan. *Casting* yang *reject* harus *di-repair* atau *di-rework* sehingga menyebabkan pemborosan material, biaya, dan waktu proses produksi. Hal ini dapat mengganggu dan menurunkan produktivitas bagi perusahaan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dibutuhkan suatu metode yang tepat untuk mencari akar dari penyebab *reject* yang terjadi dan diharapkan dapat menurunkan persentase *reject*. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dianggap tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut, karena metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat memprioritaskan masalah dan memberikan cara untuk memperkecil kemungkinan terjadinya atau munculnya suatu masalah, selain itu metode FMEA mudah digunakan serta *powerfull* untuk mengidentifikasi dan menghitung lebih awal bagian-bagian yang lemah pada produk maupun proses. Perbaikan kualitas menggunakan metode FMEA dilakukan dengan menentukan nilai *risk priority number* (RPN) yang nantinya digunakan sebagai refrensi prioritas perbaikan yang harus dilakukan, sehingga permasalahan tingginya *reject* pada *Casting Bracket Trunion BT1804* yang dihasilkan pada proses *foundry* dapat terselesaikan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi perusahaan, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Jenis *reject* apa yang paling dominan pada produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*?
2. Berapa nilai prioritas resiko (*risk priority number*) yang diperoleh dari penyebab-penyebab *reject* saat berjalannya produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*?
3. Bagaimana tindakan perbaikan untuk mengurangi *reject* yang terjadi pada produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*?
4. Berapa hasil perbandingan persentase *reject* *Casting Bracket Trunion BT1804* sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah ditentukan, maka dapat disimpulkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan jenis *reject* yang paling dominan pada produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*.
2. Menghasilkan nilai prioritas resiko (*risk priority number*) yang diperoleh dari penyebab-penyebab *reject* terjadi pada produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*.
3. Menghasilkan tindakan perbaikan untuk mengurangi *reject* yang terjadi pada produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*.
4. Mendapatkan hasil perbandingan persentase *reject Casting Bracket Trunion BT1804* sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.

1.4. Pembatasan Masalah

Pembahasan dalam penelitian ini harus fokus dan tidak melebar ke permasalahan yang lain maka perlu dilakukan batasan permasalahan, dalam penelitian ini diberikan beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Penelitian dilakukan PT Bakrie Autoparts.
2. Pengambilan data dilakukan di *plant foundry* pada bulan Mei 2018.
3. Produk yang diamati pada penelitian ini *Casting Bracket Trunion BT1804*.
4. Penetapan besaran nilai RPN didasarkan pada mode kegagalan yang sering terjadi dengan hasil diskusi dengan pihak perusahaan.
5. Alat bantu identifikasi penyebab kegagalan menggunakan diagram Pareto, Peta Kendali P, Tabel FMEA, dan diagram *Fishbone*.
6. Hal yang berhubungan dengan biaya produksi tidak dibahas.

1.5. Manfaat Penelitian

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 pengelolaan kebijakan perusahaan dalam menentukan strategi dan pengendalian kualitas pada masa yang akan datang sebagai upaya peningkatan mutu.

2. Bagi Penulis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai pentingnya pelaksanaan pengendalian kualitas dalam perusahaan serta mendapatkan kesempatan untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang selama ini didapat secara akademis. Selain itu, dapat mengidentifikasi potensi kegagalan pada proses produksi yang nantinya sebagai masukan bagi perusahaan dalam melakukan kegiatan proses produksi.

3. Bagi Pihak Lain

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah ilmu dan informasi untuk melakukan penelitian selanjutnya ke arah yang lebih baik dan secara lebih mendalam dan kompleks mengenai metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini merupakan tahapan dalam penulisan penelitian ini yang penyusunannya dimaksudkan untuk memberikan informasi yang jelas dan mudah dipahami. Sistematika tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai latar belakang masalah, permasalahan yang terjadi saat ini di plant foundry PT Bakrie Autoparts, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan dari laporan tugas akhir ini.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini menjabarkan teori-teori yang berhubungan dengan pokok permasalahan dan tujuan penelitian. Pada penelitian ini digunakan teori mengenai manajemen kualitas terpadu, dasar teori dari pengecoran logam, dasar teori dari FMEA (*Failure Mode and*

Effect Analysis), tahapan analisis, dan *tools* yang berkaitan dengan metode tersebut.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang kerangka pemikiran guna memecahkan masalah penelitian, meliputi: mengidentifikasi masalah yang dihadapi, perumusan masalah, metode pengumpulan data serta metode analisis data.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini membahas mengenai pengolahan data sekunder yang terdiri dari profil dan latar belakang perusahaan, pengumpulan data, serta pengolahan data tersebut untuk mengidentifikasi potensial poin kegagalan yang digunakan sebagai bahan pembahasan dan analisis bagi penulis.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas mengenai pengolahan data penelitian hasil pengamatan dan perhitungan. Penulis membahas tentang FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), analisis terkait akan data yang didapat kemudian dilanjutkan dengan pembahasan hasil sebelumnya. Pembahasan dilakukan guna menjawab tujuan dari penelitian dengan mencari tindakan perbaikan atas permasalahan yang terjadi sehingga potensial kegagalan tidak akan terjadi atau meminimalkan tingkat kerusakan.

BAB VI : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil pembahasan dan analisis yang dilakukan sebagai masukan bagi pihak perusahaan yang dapat dipertimbangkan.

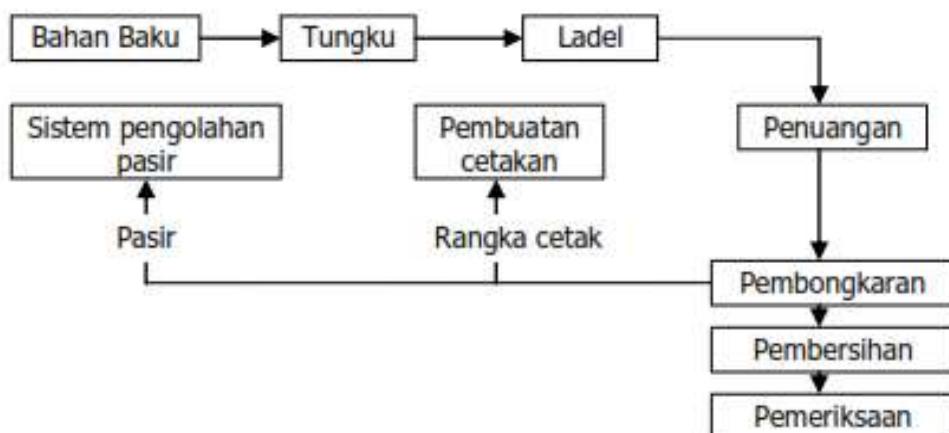
DAFTAR PUSTAKA

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Pengecoran Logam

Pengecoran logam adalah salah satu proses pembentukan bahan baku atau bahan benda kerja dengan proses peleburan atau pencairan logam didalam tungku peleburan yang kemudian hasil peleburan dimasukan ke dalam cetakan. Tahapan dalam proses pengecoran adalah pembuatan model (pola), pembuatan pasir cetak, pembuatan cetakan pasir (rongga cetak), peleburan logam, menuang logam ke dalam cetakan dan membongkar serta membersihkan hasil pengecoran. (Surdia, T. dan Chijawa, K., 1982).



Gambar 2.1. Proses Pembuatan Benda Coran
(Sumber: Surdia, 1976)

Pengecoran logam dapat dilakukan untuk bermacam-macam logam, seperti besi, baja paduan tembaga, paduan ringan (paduan aluminium, paduan magnesium, dan sebagainya), serta paduan lain, misalnya paduan seng, monel (paduan nikel dengan sedikit tembaga), hasteloy (paduan yang mengandung molibdenum, khrom, dan silikon), dan sebagainya.

Proses pengecoran sendiri dibedakan menjadi dua macam, yaitu *traditional casting* dan *non traditional/contemporary casting*. Perbedaan secara mendasar diantara keduanya adalah bahwa *contemporary casting* tidak bergantung pada pasir dalam pembuatan cetakannya. Perbedaan lainnya adalah

bahwa *contemporary casting* biasanya digunakan untuk menghasilkan produk dengan geometri yang relatif kecil dibandingkan bila menggunakan *traditional casting*. (Surdia, T. dan Chijawa, K., 2000).

2.1.1. Teknik Pengecoran Logam

Proses pengecoran adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat.

Sand casting atau pasir cetak adalah proses pengecoran logam dengan menggunakan pasir sebagai bahan cetakan. Proses pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir merupakan cetakan yang paling banyak digunakan, karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya: (Surdia, T. dan Chijawa, K., 1976)

1. Dapat mencetak logam dengan titik lebur yang tinggi, seperti baja, nikel, dan titanium.
2. Dapat mencetak benda cor dengan berbagai macam ukuran.
3. Jumlah produksi dari satu sampai dengan jutaan.

Terdapat empat (4) faktor yang berpengaruh atau merupakan ciri dari proses pengecoran, yaitu:

1. Adanya aliran logam cair ke dalam rongga cetak.
2. Terjadi perpindahan panas selama pembekuan dan pendinginan dari logam dalam cetakan.
3. Pengaruh material cetakan.
4. Pembekuan logam dari kondisi cair.

Klasifikasi pengecoran berdasarkan umur dari cetakan, ada pengecoran dengan sekali pakai (*expendable mold*) dan ada pengecoran dengan cetakan permanen (*permanent mold*). Cetakan pasir termasuk dalam *expendable mold*. Pengecoran dengan cetakan pasir secara umum cetakan harus memiliki bagian-bagian utama sebagai berikut: (Surdia, T. dan Chijawa, K., 1976).

1. Rongga cetakan (*cavity*), merupakan ruangan tempat logam cair yang dituangkan kedalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.

2. Inti (*core*), fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti (*core*) dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan. Bahan ini harus tahan menahan temperatur cair logam paling kurang bahannya dari pasir.
3. Saluran masuk (*gating*), merupakan saluran masuk ke rongga cetakan dari saluran turun. *Gating system* suatu cetakan dapat lebih dari satu, tergantung dengan ukuran rongga cetakan yang akan diisi oleh logam cair.
4. Saluran turun (*sprue*), merupakan saluran masuk dari luar dengan posisi vertikal. Saluran ini juga lebih dari satu, tergantung kecepatan penuangan yang diinginkan. *Pouring basin*, merupakan lekukan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah mengurangi kecepatan logam cair masuk langsung dari cetakan ke *sprue*. Kecepatan aliran logam yang tinggi dapat terjadi erosi pada *sprue* dan terbawanya kotoran-kotoran logam cair yang berasal dari tungku kerongga cetakan.
5. Penambah (*raiser*), merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali rongga cetakan bila terjadi penyusutan akibat solidifikasi.

2.2. Pengertian Kualitas

Pengertian mutu atau kualitas akan berlainan bagi setiap orang dan bergantung pada konteksnya. Mutu atau kualitas suatu barang pada umumnya diukur dengan tingkat kepuasan konsumen atau pelanggan. Seberapa besar kepuasan yang diperoleh pelanggan tergantung dari tingkat kecocokan penggunaan masing-masing pelanggan. Sebagai contohnya seorang pengusaha membeli produk yang digunakan sebagai bahan baku akan mengatakan barang tersebut mempunyai kualitas baik jika barang tersebut dirasa cocok penggunaannya dan mempunyai kemampuan memproses hingga menghasilkan barang jadi dengan biaya yang rendah, atau seorang yang membeli barang jadi dengan harapan memperoleh barang yang berkualitas dalam arti tidak terdapat cacat sehingga orang tersebut tidak rugi mengeluarkan uang untuk membeli barang tersebut. Dengan demikian, pengertian kualitas mencakup kegiatan yang berkaitan dengan tercapainya kepuasan pemakai barang tersebut. (Nasution, 2001).

Ada beberapa definisi pengertian kualitas dikutip oleh (Ariani, 2004), pengertian kualitas menurut beberapa ahli yang banyak dikenal antara lain:

1. Kualitas menurut Crosby (1979) dalam Ariani (2004)
“Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, reability, maintainability*, dan *cost effecttiveness*.”
2. Kualitas menurut Deming (1982) dalam Ariani (2004)
“Kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan di masa mendatang.”
3. Kualitas menurut Juran (1962) dalam Ariani (2004)
“Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya.”
4. Kualitas menurut Taguchi (1987) dalam Ariani (2004)
“Kualitas dapat ditingkatkan oleh tiga konsep yaitu ketangguhan (*robustness*), fungsi kerugian kualitas (*quality loss function*), dan kualitas berdasarkan target (*target-oriented quality*).
5. Kualitas menurut Feigenbaum (1991) dalam Ariani (2004)
“Kualitas yaitu keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi: *marketing, engineering, manufatur, dan maintenance*, dimana produk dan jasa tersebut akan sesuai harapan pelanggan.”
6. Kualitas menurut Goetsh dan Davis (1994) dalam Ariani (2004)
“Kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, jasa, manusia, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan.”
7. Kualitas menurut perbendaharaan istilah ISO 8402 dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI19-8402-1991) dalam Ariani (2004)
“Kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria-kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.”

Beragam definisi yang dikemukakan para ahli mengenai kualitas, memiliki maksud dan tujuan yang sama yaitu:

1. Kualitas tidak hanya meliputi produk, tetapi juga jasa, manusia, proses, dan lingkungan.
2. Kualitas merupakan tujuan yang dicapai dalam memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan.
3. Kualitas merupakan kondisi yang selalu berubah, sehingga membutuhkan suatu usaha untuk meningkatkan kondisi tersebut agar tetap berkualitas.

2.2.1. Dimensi Kualitas

Dimensi kualitas digunakan menganalisis karakteristik suatu barang. Menurut Garvin (1996) dalam Ariani (2004), dimensi kualitas terbagi menjadi 8 (delapan) dimensi kualitas, yaitu sebagai berikut:

1. Performa (*performance*), yaitu kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri atau karakteristik operasi dari suatu produk.

Sebagai misal; performansi dari produk TV berwarna adalah memiliki gambar yang jelas; performansi dari produk mobil adalah akselerasi, kecepatan, kenyamanan, dan pemeliharaan; performansi dari produk jasa penerbangan adalah ketepatan waktu, kenyamanan, ramah tamah, dan lain-lain.

2. Keistimewaan (*features*), yaitu ciri khas produk yang membedakan dari produk lain yang merupakan karakteristik pelengkap dan mampu menimbulkan kesan yang baik bagi pelanggan. Sebagai misal; *features* untuk produk penerbangan adalah memberikan minuman atau makanan gratis dalam pesawat, pembelian tiket melalui telepon dan penyerahan tiket di rumah, pelaporan keberangkatan di kota dan diantar ke lapangan terbang (*city check in*); *feature* dari produk mobil seperti atap yang dapat dibuka, dan lain-lain.

3. Keandalan (*reliability*), yaitu kepercayaan pelanggan terhadap prosuk karena keandalannya atau karena kemungkinan kerusakan yang rendah. Sebagai misal: keandalan mobil adalah kecepatan.

4. Konformansi (*conformance*), yaitu kesesuaian produk dengan syarat atau ukuran tertentu atau sejauh mana karakteristik desain dan operasi memenuhi standar yang telah ditetapkan. Sebagai misal; apakah semua

pintu mobil untuk model tertentu yang diproduksi berada dalam rentang dan toleransi yang dapat diterima: $30 \pm 0,01$ inci.

5. Daya tahan (*durability*), yaitu tingkat ketahanan atau awet produk atau lama umur dari produk. Sebagai misal; pelanggan akan membeli ban mobil berdasarkan daya tahan yang dihasilkan oleh ban tersebut sehingga ban-ban mobil yang memiliki masa pakai yang lebih lama akan menjadi salah satu karakteristik yang dipertimbangkan oleh pelanggan dalam membeli suatu produk.
6. Kemampuan pelayanan (*service ability*), yaitu kemudahan produk itu bila akan diperbaiki atau kemudian memperoleh komponen prosuk tersebut. Sebagai misal; saat ini banyak perusahaan otomotif yang memberikan pelayanan perawatan atau perbaikan mobil sepanjang hari (24 jam) atau permintaan pelayanan melalui telepon dan perbaikan mobil dilakukan dirumah.
7. Estetika (*esthetics*), yaitu keindahan atau daya tarik dari produk tersebut. Dengan demikian, estetika dari suatu produk lebih banyak berkaitan dengan perasaan pribadi dan mencakup karakteristik tertentu, seperti keelokan, kemulusan, suara yang merdu, selera, dan lain-lain.
8. Kualitas yang dipersepsikan (*perceived quality*), yaitu fanatismenya konsumen akan *merk* suatu produk tertentu karena citra atau reputasi produk itu sendiri. Sebagai misal; seseorang akan membeli produk-produk dengan *merk* Samsung karena memiliki persepsi bahwa produk-produk dengan *merk* Samsung adalah produk yang berkualitas, meskipun orang tersebut belum pernah menggunakan produk-produk dengan *merk* Samsung.

2.2.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas

Kualitas merupakan suatu yang diputuskan oleh pelanggan. Kualitas didasarkan pada pengalaman aktual pelanggan terhadap produk atau jasa, diukur berdasarkan persyaratan pelanggan tersebut menurut (Feigenbaum, 1996). Faktor yang mempengaruhi kualitas produk ada sembilan atau biasa dikenal dengan 9M, yaitu diantaranya.

1. *Market* (Pasar)

Jumlah produk baru dan lebih baik yang ditawarkan di pasar terus tumbuh pada laju eksplosif. Kebanyakan dari produk ini adalah hasil perkembangan-perkembangan teknologi baru bukan hanya produk itu sendiri tetapi juga bahan dan metode yang mendasari pembuatan produk tersebut.

2. *Money* (Modal)

Meningkatnya persaingan di dalam banyak bidang, bersamaan dengan fluktasi ekonomi dunia telah menurunkan batas (margin) laba. Pada waktu yang bersamaan, kebutuhan akan diotomasi. Pengeluaran biaya yang lebih besar untuk proses dan perlengkapan yang baru. Kenyataan ini telah memfokuskan perhatian manajer dibidang biaya mutu sebagai salah satu “titik lunak” tempat biaya operasi dan kerugian dapat untuk dapat memperbaiki laba.

3. *Management* (Manajemen)

Tanggung jawab mutu telah didistribusikan antara beberapa kelompok khusus. Bagaian kendali mutu harus merencanakan pengukuran-pengukuran mutu. Pada seluruh aliran, proses yang menjamin bahwa hasil akhir memenuhi persyaratan-persyaratan mutu. Hal ini telah menambah beban manajemen puncak, khususnya dipandang dari bertambahnya kesulitan dalam mengalokasikan tanggung jawab yang tepat untuk mengoreksi penyimpangan standar mutu.

4. *Men* (Sumber Daya Manusia)

Pertumbuhan yang cepat dalam pengetahuan teknis dan penciptaan seluruh bidang-bidang baru seperti elektronika, komputer telah mempercepat suatu permintaan yang besar akan karyawan dengan pengetahuan khusus.

5. *Motivasion* (Motivasi)

Meningkatnya kerumitan dalam membawa mutu produk kedalam pasar telah memperbesar makna kontribusi setiap karyawan terhadap mutu. Penelitian tentang motivasi manusia menunjukkan bahwa sebagai tambahan hadiah uang. Hal ini membimbing kearah kebutuhan yang tidak pernah ada sebelumnya, yaitu pendidikan mutu dan komunikasi yang lebih baik tentang kesadaran mutu.

6. *Matherial* (Bahan)

Disebabkan oleh biaya produksi dan persyaratan mutu, para ahli teknik memilih bahan dengan batasan yang lebih ketat dari pada sebelumnya dan menggunakan banyak bahan yang baru, yang disebut logam dan campuran eksotik untuk pemakaian khusus. Akibatnya spesifikasi bahan menjadi lebih ketat dan keanekaragaman bahan menjadi lebih besar.

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

Mutu yang baik sebuah faktor yang kritis dalam memelihara waktu kerja mesin agar fasilitasnya dapat dimanfaatkan sepenuhnya. Semakin besar usaha perusahaan untuk melakukan pemekanisasian dan otomasi untuk mencapai penurunan biaya, mutu yang baik semakin kritis, baik untuk membuat penurunan-penurunan ini menjadi nyata dan untuk meningkatkan pekerja dan pemakaian mesin hingga ke nilai yang memuaskan.

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

Evolusi teknologi komputer yang cepat telah membuka kemungkinan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengambil kembali dan manipulasi informasi pada suatu skala yang tidak pernah terbayang sebelumnya. Teknologi informasi baru yang ampuh ini menyediakan cara untuk mengandalkan produk dan jasa bahkan hingga setelah sampai ke pelanggan.

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

Kemajuan pesat dalam kerumitan kerekayasaan rancangan yang memerlukan kendali yang jauh lebih ketat pada seluruh proses pembuatan, telah membuat hal-hal kecil yang sebelumnya terabaikan menjadi penting secara potensial. Meningkatnya kerumitan dan persyaratan-persyaratan prestasi yang lebih tinggi bagi produk telah menekankan pentingnya keamanan dan kehandalan produk.

2.3. Pengendalian Kualitas

Beberapa pendapat ahli yang mendefinisikan istilah pengendalian kualitas, diantaranya yaitu:

1. Feigenbaum (1996)

Mendefinisikan pengendalian kualitas sebagai tindakan yang perlu dilakukan untuk menjamin tercapainya tujuan dengan mengadakan pemeriksaan yang dimulai dari bahan mentah sampai bahan jadi sehingga sesuai dengan apa yang diharapkan.

2. Besterfield (1998)

Mendefinisikan pengendalian kualitas sebagai suatu proses yang teratur terhadap kegiatan-kegiatan untuk mengukur performansi standar dan berusaha melakukan tindakan perbaikan.

3. Gasperz (2002)

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas-aktivitas teknik dan manajemen, yang mana bisa disebut karakteristik dari suatu produk, kemudian membandingkan hasil pengukuran itu dengan spesifikasi produk yang diinginkan pelanggan, serta mengambil tindakan perbaikan yang tepat apabila ditemukan perbedaan antara performansi aktual dengan standar.

Pada prinsipnya pengendalian kualitas mengikuti daur PDCA (*Plan, Do, Check, Action*).

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)

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.

2.3.1. Manfaat Kualitas

Manfaat dari pengendalian kualitas adalah (Evans dan Lindsay, 2007):

1. Suatu struktur sistem pengendalian kualitas yang dapat menyelesaikan hasil produksi yang ada, dengan perbaikan hasil produk dan pelayanan yang diberikan.
2. Suatu sistem yang terus-menerus mengevaluasi dan memodifikasi kebutuhan pelanggan.
3. Dapat memperbaiki produktivitas dan dapat mengurangi *scrap* dan penggerjaan ulang (*rework*).

Adanya pengurangan produk cacat dan meningkatnya produktivitas mengakibatkan menurunnya biaya produksi. Peningkatan produktivitas menyebabkan menurunnya *lead time* sehingga terjadi perbaikan waktu.

2.3.2. Teknik-Teknik Perbaikan Kualitas

Sebagai konsep pengembangan berkelanjutan yang melibatkan tenaga kerja, diperlukan teknik-teknik yang dapat membantu mengatasi masalah secara sistematis. Ada berbagai teknik perbaikan kualitas dalam menganalisa jenis-jenis kegagalan dominan dan penyebab kegagalan antara lain sebagai berikut:

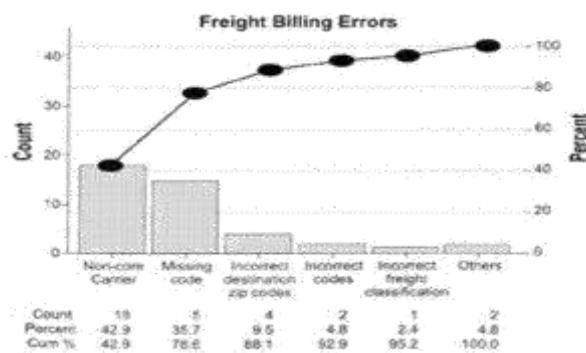
1. Diagram Pareto

Diagram pareto diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Alfredo Pareto (1848-1923). Diagram Pareto adalah diagram batang yang disusun secara secara menurun atau dari besar ke kecil (*descending*). Biasa digunakan untuk melihat atau mendefinisikan masalah, tipe cacat atau penyebab yang paling dominan sehingga kita dapat memprioritaskan penyelesaian masalah. Oleh sebab itu, sebelum membuat diagram perlu diketahui terlebih dahulu penggunaan lembar periksanya (Pyzdek, 2002).

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk pembuatan diagram pareto menurut Pyzdek (2002), adalah sebagai berikut:

- a) Menentukan klasifikasi (kategori Pareto) untuk grafik. Jika informasi yang diinginkan tidak ada, dapatkan dengan merancang lembaran pemeriksaan dan lembar buku harian.
- b) Pilih suatu interval waktu untuk analisis. Interval harus cukup panjang untuk menjadi wakil kinerja khusus.

- c) Tentukan kejadian total (misalnya: biaya, jumlah kerusakan, dan lain-lain) untuk setiap kategori. Juga tentukan total keseluruhan, jika ada beberapa kategori yang menyebabkan hanya bagian kecil dari total, kelompokkan ini ke dalam kategori yang disebut lain-lain.
- d) Hitung persentase untuk setiap kategori dengan membagi kategori total dengan keseluruhan total dan kalikan dengan 100.
- e) Urutkan peringkat dari kejadian total terbesar sampai terkecil.
- f) Hitung persentase kumulatif dengan menambah persentase untuk setiap kategori pada beberapa kategori yang terdahulu.
- g) Buat bagan dengan sumbu vertikal kiri berskala dari 0 sampai sedikitnya total keseluruhan. Berikan nama yang sesuai pada sumbu. Ukur sumbu vertikal kanan dari 0 sampai 100%, dengan 100% pada sisi kanan sama tingginya dengan total keseluruhan pada sisi kiri.
- h) Beri label sumbu horizontal dengan nama kategori. Kategori paling kiri harus terbesar, kedua terbesar dan seterusnya.
- i) Gambar dalam batang yang mewakili jumlah setiap kategori. Tinggi batang ditentukan oleh sumbu vertikal kiri.
- j) Gambar satu garis yang menunjukkan kolom persentase kumulatif dari tabel analisa Pareto. Garis persentase kumulatif ditentukan dengan sumbu vertikal kanan. Adapun diagram pareto dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram Pareto
(Sumber: Gaspersz, 1998)

2. Peta Kendali (*Control Chart*)

Peta kendali (*control chart*) adalah suatu alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu aktifitas/proses berada

dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Peta kendali menunjukkan adanya perubahan data waktu, tetapi tidak menunjukkan penyebab penyimpangan meskipun penyimpangan itu akan terlihat pada peta kendali. Pada dasarnya peta-peta kontrol digunakan sebagai berikut:

- a) Menentukan apakah suatu proses berada dalam pengendalian statistical. Dengan demikian peta-peta kontrol digunakan untuk mencapai suatu keadaan terkendali secara statistikal, dimana semua nilai rata-rata dan range dari subgrup contoh berada dalam batas-batas pengendalian (*Control Limits*), oleh karena itu variasi penyebab khusus menjadi tidak ada lagi di dalam proses.
- b) Memantau proses terus-menerus sepanjang waktu agar proses tetap stabil secara statistikal dan hanya mengandung variasi penyebab umum.
- c) Menentukan kemampuan proses (*process capability*). Setelah proses berada dalam batas pengendalian statistikal, batas-batas dari variasi proses dapat ditentukan.

Menurut (Gaspersz, 1998) pengelompokan jenis-jenis peta kendali tergantung pada tipe datanya. terdapat dua jenis data, yaitu:

- a) Data variabel (*variable data*), yaitu data kuantitatif yang diukur untuk keperluan analisis. Contoh dari data variabel adalah: ukuran berat, panjang, lebar, tinggi, diameter, volume biasanya data variabel.
- b) Data atribut (*attributes data*), yaitu data kualitatif yang dapat dihitung untuk pencatatan dan analisis. Contoh dari data atribut adalah ketiadaan label pada kemasan produk, kesalahan proses administrasi, banyaknya jenis cacat pada produk. Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk ketidaksesuaian dengan spesifikasi atribut yang ditetapkan.

Menurut (Gaspersz, 1998) Manfaat peta kontrol adalah untuk menganalisis sebab-sebab terjadinya penyimpangan diluar batas kendali, sehingga dapat dilakukan untuk mengambil tindakan dengan cepat. Secara umum ada 2 jenis peta kontrol yaitu:

a) Peta Kendali Variabel

Peta kendali variabel digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang bersifat variabel dan dapat diukur. Seperti: berat, ketebalan, panjang volume, diameter. Peta kendali variabel biasanya digunakan untuk pengendalian proses yang didominasi oleh mesin. Peta kendali variabel dibagi menjadi dua yaitu:

1) peta kendali rata-rata (*X chart*)

Digunakan untuk mengetahui rata-rata pengukuran antar sub grup yang diperiksa

2) Peta kendali rentang (*R chart*)

Digunakan untuk mengetahui besarnya rentang atau selisih antara nilai pengukuran yang terbesar dengan nilai pengukuran terkecil di dalam sub grup yang diperiksa.

b) Peta Kendali Atribut

Peta kendali atribut digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang tidak dapat diukur tetapi dapat dihitung sehingga kualitas produk dapat dibedakan dalam karakteristik baik atau buruk, berhasil atau gagal. Peta kendali atribut dibagi menjadi empat yaitu:

1) Peta kendali kerusakan (*p chart*)

Peta kendali *p* digunakan untuk mengukur proporsi ketidaksesuaian (penyimpangan atau sering disebut sebagai cacat) dari item-item dalam kelompok yang diinspeksi. Dengan demikian peta kendali *p* digunakan untuk mengendalikan proporsi dari item-item yang tidak memenuhi syarat spesifikasi mutu atau proporsi dari produk yang cacat yang dihasilkan dalam suatu proses. Bila sampel yang diambil untuk setiap kali melakukan observasi berubah-ubah jumlahnya atau memang perusahaan akan melakukan 100% inspeksi maka harus menggunakan peta kendali *p*.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan peta kendali *p* adalah sebagai berikut:

- Kumpulkanlah data jumlah yang cacat dan yang diperiksa ($n > 30$)

- Masukan data kedalam subgrup, biasanya data dibagi-bagi dalam subgrup yang disusun berdasarkan tanggal pemeriksaan, yaitu 20-25 subgrup
- Hitunglah bagian proporsi yang ditolak (p) untuk setiap subgrup dan masukan kedalam lembaran data, untuk mencari nilai p dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$p = \frac{\text{Jumlah produk cacat prioritas per subgrup}}{\text{jumlah inspeksi per subgrup}} \quad (2.1)$$

- Hitunglah rata-rata bagian yang ditolak (\bar{p}) dengan persamaan 2.2.

$$\bar{p} = \frac{\text{Total Produk Cacat}}{\text{Total Produk Inspeksi}} \quad (2.2)$$

- Hitunglah batas-batas kontrol untuk setiap subgrup berdasarkan rata-rata bagian yang ditolak dengan persamaan 2.3, 2.4.

$$\text{Upper Control Limit (UCL)} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{k_i}} \quad (2.3)$$

$$\text{Control Limit (CL)} = \bar{p}$$

$$\text{Lower Control Limit (LCL)} = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{k_i}} \quad (2.4)$$

Dari peta kendali p yang telah dibuat, kemudian dilakukan analisis untuk menyimpulkan apakah terdapat data yang berada diluar batas kendali atau tidak. Jika terdapat data yang keluar dari batas kendali maka perlu dilakukan revisi peta kendali p dengan menghilangkan data tersebut.

2) Peta kendali kerusakan per unit (np chart)

Digunakan untuk menganalisis banyaknya butir yang ditolak per unit. Pada dasarnya peta kendali np serupa dengan peta kontrol p , kecuali dalam peta kendali np terjadi perubahan skala pengukuran. Peta kendali np digunakan jika data banyaknya item yang tidak sesuai adalah lebih bermanfaat dan mudah untuk menginterpretasikan dalam pembuatan laporan dibandingkan dengan data proporsi, dan ukuran sampel bersifat konstan dari waktu ke waktu.

3) Peta kendali ketidaksesuaian (*c chart*)

Digunakan untuk menganalisis dengan cara menghitung jumlah produk yang mengalami ketidaksesuaian dengan cara spesifikasi. Peta kendali ini digunakan untuk mengadakan pengujian terhadap jumlah kesalahan pada satu produk. Peta kendali *c* membutuhkan ukuran contoh konstan atau banyak item yang diperiksa bersifat konstan untuk setiap periode pengamatan.

4) Peta kendali ketidaksesuaian per unit (*u chart*)

Digunakan untuk menganalisa dengan cara menghitung jumlah produk yang mengalami ketidaksesuaian per unit. Perbedaan tersebut adalah peta kendali *p* dan *np* digunakan untuk menganalisis produk yang mengalami kerusakan dan tidak dapat diperbaiki lagi, sedangkan peta kendali *c* dan *u* digunakan untuk menganalisis produk yang mengalami cacat atau ketidaksesuaian dan masih dapat diperbaiki. Peta kendali *u* mengukur banyaknya ketidaksesuaian (titik spesifik) per unit laporan inspeksi dalam kelompok (periode) pengamatan, yang mungkin memiliki ukuran contoh (banyaknya item yang diperiksa).

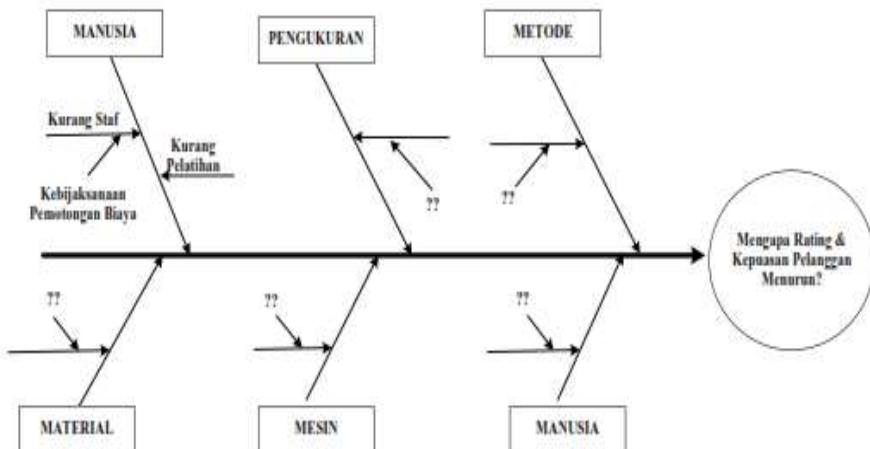
3. Diagram *Fishbone*

Diagram sebab-akibat (*cause and effect diagram*) atau sering disebut sebagai “diagram tulang ikan” (*fishbone diagram*) atau diagram Ishikawa (*Ishikawa diagram*), sesuai dengan nama Prof. Kaoru Ishikawa dari Jepang adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukan suatu analisis lebih terperinci dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang terjadi. Diagram ini dapat digunakan dalam situasi dimana terdapat pertemuan diskusi dengan menggunakan *brainstorming* untuk mengidentifikasi mengapa suatu masalah terjadi, diperlukan analisis lebih terperinci terhadap suatu masalah, dan terdapat kesulitan untuk memisahkan penyebab dari akibat. Langkah-langkah dalam membuat diagram sebab-akibat (Gasperz, 1998), antara lain:

- a) Tetapkan karakteristik yang akan dianalisis, *quality* karakteristik adalah kondisi yang ingin diperbaiki. Usahakan ada tolak ukur yang jelas dari

masalah tersebut sehingga perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilakukan.

- b) Tulis faktor-faktor penyebab utama (*main cause*) yang diperkirakan merupakan sumber terjadinya penyimpangan atau mempunyai akibat pada permasalahan yang ada tersebut. Faktor-faktor penyebab ini biasanya akan berkisar pada faktor 4M + 1E. Gambarkan anak panah untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab yang mengarah pada panah utama.
- c) Cari lebih lanjut faktor-faktor yang lebih terperinci yang secara nyata berpengaruh atau mempunyai akibat dari faktor-faktor penyebab utama tersebut.
- d) CHECK! Apakah semua item yang berkaitan dengan karakteristik kualitas *output* benar-benar sudah kita cantumkan dalam diagram.
- e) Carilah faktor-faktor penyebab yang paling dominan! Dari diagram yang sudah lengkap, dibuat pada langkah 3 dicari faktor-faktor penyebab yang dominan secara berurutan dengan menggunakan diagram pareto.



Gambar 2.3. Diagram *Fishbone*
(Sumber: Gasperz, 1998)

4. Perhitungan Nilai DPMO dan Level Sigma

Pengukuran *baseline* kinerja pada tingkat *output* dilakukan secara langsung pada produk akhir (barang dan/atau jasa) yang akan diserahkan kepada pelanggan. Pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana *output* dari proses itu dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan, sebelum

produk itu diserahkan kepada pelanggan. Informasi yang diperoleh dapat dijadikan pedoman dasar untuk melakukan pengendalian dan peningkatan kualitas dari karakteristik *output* yang diukur (Gasperz, 2002). Adapun langkah-langkahnya ialah:

a) *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.

b) *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. Ada tiga langkah utama dalam menentukan jumlah *opportunity*, yaitu:

1) Membuat daftar pendahuluan dari jenis *defect*

2) Menentukan yang mana *defect* aktual, kritis bagi pelanggan dari spesifikasi

3) Periksalah jumlah peluang yang diusulkan terhadap standar.

c) Membuat daftar pendahuluan dari jenis *defect*

Menentukan yang mana *defect* aktual, kritis bagi pelanggan dari spesifikasi. Periksalah jumlah peluang yang diusulkan terhadap standar.

d) *Defect*

Merupakan kejadian dimana produk/jasa tidak memenuhi persyaratan yang diinginkan pelanggan. Suatu kegagalan untuk memenuhi persyaratan pelanggan atau kinerja standar seperti kurang solder, PCB pecah, *parts* hilang dan sebagainya.

e) *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 persamaan 2.5.

$$DPU = \frac{D}{U} \quad (2.5)$$

f) *Total Opportunity* (TOP)

Besarnya *Total Opportunity* dapat dihitung dengan persamaan 2.6.

$$TOP = U \times OP \quad (2.6)$$

g) *Defect Per Opportunity*

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 persamaan 2.7.

$$DPO = \frac{D}{TOP} \quad (2.7)$$

h) *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 persamaan 2.8.

$$TPO = DPO \times 10^6 \quad (2.8)$$

i) *Sigma level*

Nilai *sigma* didapat dengan cara mengkonversikan nilai DPMO ke dalam tabel *Sigma* (Lampiran 1).

2.4. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA (*failure mode and effect analysis*) menurut Gasperz (2002) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. Terdapat dua penggunaan FMEA yaitu dalam bidang desain (*FMEA Desain*) dan dalam proses (*FMEA Process*). FMEA Desain akan membantu menghilangkan

kegagalan-kegagalan yang terkait dengan desain, misalnya kegagalan karena kekuatan yang tidak tepat, material yang tidak sesuai, dan lain-lain. FMEA Proses akan menghilangkan kegagalan yang disebabkan oleh perubahan-perubahan dalam variabel proses, misal kondisi diluar batas-batas spesifikasi yang ditetapkan seperti ukuran yang tidak tepat, tekstur dan warna yang tidak sesuai, ketebalan yang tidak tepat, dan lain-lain. Penelitian tugas akhir ini menggunakan metode FMEA Proses.

Para ahli memiliki beberapa definisi mengenai *failure modes and effect analysis*, definisi tersebut memiliki arti yang cukup luas dan apabila dievaluasi lebih dalam memiliki arti yang serupa. Definisi *failure modes and effect analysis* tersebut disampaikan oleh :

1. Menurut (Leitch, 2007), definisi dari *failure modes and effect analysis* adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan dari *engineer* selama perancangan pengembangan.
2. Analisis tersebut biasa Menurut (Moubray, 2006), definisi dari *failure modes and effect analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.

2.4.1. Tujuan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Pada umumnya tujuan dari penerapan metode *failure mode & effect analysis* adalah mencegah masalah terjadi pada proses dan produk. Metode ini apabila digunakan dalam desain dan proses manufaktur dapat mengurangi atau menekan biaya dengan mengidentifikasi dan memperbaiki produk dan proses secara cepat pada saat proses pengembangan. Pembuatannya relatif mudah serta tidak membutuhkan biaya yang banyak. Hasilnya adalah proses menjadi lebih baik karena telah dilakukan tindakan koreksi dan mengurangi serta mengeliminasi kegagalan (McDermott, 2009). Berikut adalah beberapa tujuan dari penerapan metode FMEA (Chrysler, 2008):

1. Mengidentifikasi penyebab kegagalan proses dalam memenuhi kebutuhan pelanggan.
2. Memperkirakan risiko penyebab tertentu yang menyebabkan kegagalan.
3. Mengevaluasi rencana pengendalian untuk mencegah kegagalan.
4. Melaksanakan prosedur yang diperlukan untuk memperoleh suatu proses bebas dari kesalahan.

Selain itu, penggunaan metode FMEA ini dapat menghasilkan pengurangan dalam hal berikut (McDermott, 2009):

1. Meningkatkan reliabilitas dan kualitas produk atau proses.
2. Meningkatkan kepuasan pelanggan.
3. Cepat dalam mengidentifikasi dan mengurangi kecacatan yang terjadi pada produk atau proses.
4. Memprioritaskan pada kekurangan produk atau proses.
5. Mendapatkan perekayasaan atau pembelajaran keorganisasian.
6. Menekankan pada pencegahan terjadinya masalah.
7. Mempunyai sistem pengulangan jenis kecacatan komponen yang sistematis untuk meyakinkan bahwa beberapa kegagalan minimal menghasilkan kerugian bagi produk dan proses.
8. Mengetahui efek-efek dari kegagalan pada produk/proses yang diteliti dan fungsinya-fungsinya.
9. Menetapkan komponen dari produk/proses yang gagal, memilih efek kritis pada produk/proses dan kecacatan tersebut akan menghasilkan efek merugikan.

2.4.2. Tahapan Pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Prosedur dalam pembuatan metode FMEA mencakup 10 (sepuluh) tahapan berikut ini (McDermott, 2009):

1. Melakukan peninjauan terhadap proses
2. Mengidentifikasi *potential failure mode* (mode kegagalan potensial) pada proses
3. Membuat daftar *potential effect* (akibat potensial) dari masing-masing mode kegagalan

4. Menentukan peringkat *severity* untuk masing-masing cacat yang terjadi
5. Menentukan peringkat *occurrence* untuk masing-masing mode kegagalan
6. Menentukan peringkat *detection* untuk masing-masing mode kegagalan dan/atau akibat yang terjadi
7. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing cacat
8. Membuat prioritas mode kegagalan berdasarkan nilai RPN untuk dilakukan tindakan perbaikan
9. Melakukan tindakan untuk mengeliminasi atau mengurangi kegagalan yang paling banyak terjadi
10. Mengkalkulasi hasil RPN sebagai mode kegagalan yang dikurangi atau dieliminasi

Kesepuluh tahapan diatas dituangkan ke dalam lembar kerja FMEA yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Lembar Kerja *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis Worksheet																
FMEA Process							Action Results									
Line	Component and Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Controls, Prevention	Current Controls, Detection	Detection RPN	Recommended Action	Responsibility and Target Completion Date	Action Taken	Severity	Occurrence	Detection	RPN
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																

(Sumber: McDermott, 2009)

2.4.3. Hal yang Diidentifikasi dalam *Process FMEA*

Berikut ini merupakan hal-hal yang diidentifikasi dalam *process FMEA* yaitu (Besterfield, 1995):

1. *Process Function Requirement*

Mendeskripsikan proses yang dianalisa di mana tujuan proses harus diberikan selengkap dan sejelas mungkin. Jika proses yang dianalisa melibatkan lebih

dari satu operasi, maka masing-masing operasi harus disebutkan secara terpisah disertai deskripsinya.

2. *Potential Failure Mode*

Dalam *process FMEA*, salah satu dari tiga tipe kesalahan harus disebutkan disini dimana yang pertama dan paling utama adalah bagaimana kemungkinan proses dapat gagal. Dua bentuk lainnya termasuk dalam bentuk kesalahan potensial dalam operasi berikutnya dan pengaruh yang terkait dengan kesalahan potensial dalam operasi sebelumnya.

3. *Potential Effect of Failure*

Pengaruh potensial dari kesalahan adalah pengaruh yang diterima oleh konsumen. Pengaruh kesalahan harus digambarkan dalam kaitannya dengan apa yang dialami konsumen. Pada *potential effect of failure* juga harus dinyatakan apakah keselamatan akan mempengaruhi keselamatan seseorang atau melanggar beberapa peraturan produk.

4. *Severity*

Severity merupakan nilai tingkat keparahan dari akibat yang ditimbulkan terhadap konsumen maupun terhadap kelangsungan proses selanjutnya yang secara tidak langsung juga merugikan. Nilai *severity* terdiri dari rating 1-10. Semakin parah efek yang ditimbulkan, semakin tinggi nilai rating yang diberikan. Tabel 2.2. memperlihatkan kriteria dari setiap nilai rating *severity*.

Tabel 2.2. Efek, Kriteria, dan Ranking *Severity*

Severity (S)		
Efek	Kriteria	Ranking
Berbahaya tanpa ada peringatan	Dapat membahayakan konsumen	10
	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah	
	Tidak ada peringatan	
Berbahaya dan ada peringatan	Dapat membahayakan konsumen	9
	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah	
	Ada peringatan	
Sangat tinggi	Mengganggu kelancaran lini produksi	8
	100% scrap	
	Pelanggan sangat tidak puas	

(Lanjut...)

Tabel 2.2. Efek, Kriteria, dan Ranking *Severity* (Lanjutan)

Severity (S)		
Efek	Kriteria	Ranking
Tinggi	Sedikit mengganggu kelancaran lini produksi	7
	Sebagian besar menjadi <i>scrap</i> , sisanya dapat disortir (apakah sudah baik/bisa di-	
	Pelanggan tidak puas	
Sedang	Sebagian kecil menjadi <i>scrap</i> , sisanya tidak perlu disortir (sudah baik)	6
Rendah	100% produk dapat di- <i>rework</i>	5
	Produk pasti dikembalikan oleh konsumen	
Sangat rendah	Sebagian besar dapat di- <i>rework</i> dan sisanya sudah baik	4
	Kemungkinan produk dikembalikan oleh Konsumen	
Kecil	Hanya sebagian kecil yang di- <i>rework</i> dan sisanya sudah baik	3
	Rata-rata pelanggan komplain	
Sangat kecil	Komplain hanya diberikan oleh pelanggan Tertentu	2
Tidak	Tidak ada efek apapun untuk konsumen	1

(Sumber: Besterfield, 1995)

5. Klasifikasi (*class*)

Kolom ini digunakan untuk mengklasifikasikan beberapa karakteristik produk khusus untuk komponen, sub sistem atau sistem-sistem yang mungkin memerlukan kontrol proses tambahan.

6. *Potential Cause*

Potential cause atau penyebab potensial kesalahan diartikan bagaimana kesalahan dapat terjadi, digambarkan dari segala sesuatu yang dapat diperbaiki atau dikendalikan. Setiap penyebab kesalahan yang memungkinkan untuk masing-masing kesalahan yang dibuat harus selengkapnya dan sejelas mungkin.

7. *Occurance*

Occurance diartikan sebagai seberapa sering kemungkinan penyebab kegagalan yang terjadi. Nilai *occurrence* ini diberikan untuk setiap penyebab kegagalan yang terdiri dari rating 1-10. Semakin sering penyebab kegagalan

terjadi, maka semakin tinggi nilai rating yang diberikan. Tabel 2.3 memperlihatkan kriteria dari setiap nilai rating *occurrence*.

Tabel 2.3. Peluang Terjadinya Kegagalan, Tingkat Kemungkinan Kegagalan dan Ranking *Occurrence*.

<i>Occurrence (O)</i>		
Peluang Terjadinya penyebab Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Ranking
Sangat tinggi: kegagalan hampir tak terhindarkan.	1 dalam 2	10
	1 dalam 3	9
Tinggi: berhubungan dengan proses serupa ke proses sebelumnya yang sudah sering gagal.	1 dalam 8	8
	1 dalam 20	7
Sedang: berhubungan dengan proses serupa ke proses sebelumnya yang sudah mengalami kegagalan sekali-sekali.	1 dalam 80	6
	1 dalam 400	5
	1 dalam 2000	4
Rendah: kegagalan yang terisolasi berhubungan dengan proses serupa	1 dalam 15000	3
	1 dalam 150000	2
Sangat kecil: kegagalan tidak mungkin, tidak terjadi kegagalan yang berhubungan dengan proses serupa	1 dalam 1500000	1

(Sumber: Besterfield, 1995)

8. *Current Process Control*

Current process control merupakan deskripsi *control* yang dapat mencegah sejauh memungkinkan bentuk kesalahan dari kejadian atau mendeteksi bentuk kesalahan yang terjadi.

9. *Detection*

Detection merupakan seberapa jauh penyebab kegagalan dapat terjadi yang terdiri dari rating 1-10. Semakin sering penyebab kegagalan terjadi, maka semakin tinggi nilai rating yang diberikan. Tabel 2.4. memperlihatkan kriteria dari setiap nilai rating *detection*.

Tabel 2.4. Kemungkinan kesalahan terdeteksi, kriteria, dan ranking *detection*

Deteksi	Kriteria	Ranking
<i>Absolutely impossible</i>	Tidak ada kendali untuk mendeteksi Kegagalan	10
<i>Very remote</i>	Sangat sedikit kendali untuk mendeteksi Kegagalan	9

(Lanjut...)

Tabel 2.4. Kemungkinan kesalahan terdeteksi, kriteria, dan ranking *detection* (Lanjutan)

Deteksi	Kriteria	Ranking
<i>Remote</i>	Sedikit terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	8
<i>Very low</i>	Sangat rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	7
<i>Low</i>	Rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	6
<i>Moderate</i>	Sedang terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	5
<i>Moderately high</i>	Sedang tinggi terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	4
<i>High</i>	Tinggi terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	3
<i>Very high</i>	Sangat tinggi terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	2
<i>Almost certain</i>	Kendali hampir pasti dapat mendeteksi Kegagalan	1

(Sumber: Besterfield, 1995)

10. Risk Priority Number (RPN)

Risk Priority Number (RPN) adalah suatu sistem matematis yang menerjemahkan sekumpulan dari efek dengan tingkat keparahan (*severity*) yang serius, sehingga dapat menghasilkan kegagalan yang berkaitan dengan efek-efek tersebut (*occurrence*), dan mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kegagalan-kegagalan (*detection*) tersebut sebelum sampai kepada konsumen. *Risk Priority Number* (RPN) merupakan perkalian dari rating *occurrence* (O), *severity* (S), dan *detection* (D). Formula untuk menghitung RPN ini adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{RPN = O \times S \times D} \quad (2.9)$$

Nilai *Risk Priority Number* (RPN) berkisar dari 1-1000, dengan 1 sebagai kemungkinan risiko desain terkecil. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) dapat digunakan sebagai panduan untuk mengetahui masalah yang paling dominan dengan indikasi angka yang paling tinggi memerlukan prioritas penanganan yang serius.

11. Recommended Action

Recommended action memiliki tujuan untuk mengurangi satu atau lebih kriteria yang menyusun *Risk Priority Number* (RPN). Peringkat dalam tingkat *design validation* akan menghasilkan pengurangan di tingkat *detection*. Hanya memindahkan atau mengontrol satu atau lebih dari penyebab atau modus cacat melalui revisi desain yang bisa berdampak pada penurunan peringkat *occurrence* dan hanya revisi desain yang dapat membawa pengurangan peringkat *severity*.

2.4.4. Output dari Process FMEA

Berdasarkan hal-hal yang sudah diidentifikasi dan hasil perhitungan dari masing-masing nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Maka akan didapatkan (Syukron dan Kholil, 2013):

1. Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses
2. Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*
3. Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadianya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

Berdasarkan poin tersebut setiap hasil yang didapatkan akan didokumentasikan agar masalah tersebut tidak terulang kembali.

2.5. Analisis Masalah dengan Menggunakan 5W+1H

5W + 1H adalah salah satu metode *kaizen* (*continuous improvement*) yang digunakan untuk menganalisis permasalahan yang terjadi secara detail dengan tujuan untuk meningkatkan cara bekerja. Proses peningkatan kualitas (proses perbaikan kualitas) memerlukan komitmen untuk perbaikan yang melibatkan secara seimbang antara aspek manusia (motivasi) dan aspek teknologi (teknik). *Kaizen* pada dasarnya merupakan suatu kesatuan pandangan yang komprehensif dan teintegrasi yang bertujuan untuk melaksanakan perbaikan secara terus-menerus (Gaspersz, 2001). Semangat *kaizen* berlandaskan pada pandangan berikut:

1. Hari ini harus lebih baik daripada kemarin, dan hari esok harus lebih baik daripada hari ini.
2. Tidak boleh ada satu hari pun yang lewat tanpa perbaikan/peningkatan.
3. Masalah yang timbul merupakan suatu kesempatan untuk melaksanakan perbaikan/peningkatan.
4. Menghargai adanya perbaikan/peningkatan meskipun kecil.
5. Perbaikan/peningkatan tidak harus memerlukan investasi yang besar.

Dalam melaksanakan *kaizen*, dapat menggunakan panduan bertanya 5W+1H seperti *what*, *who*, *where*, *when*, *why*, dan *how* (apa, siapa, dimana, kapan, mengapa, dan bagaimana) dan biasanya disajikan dalam bentuk tabel, berikut penjelasan tentang 5W dan 1 H:

1. *What* (apa), suatu pertanyaan yang bertujuan untuk mencari tahu sesuatu yang terjadi.
2. *Who* (siapa), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu orang atau subjek yang melakukan sesuatu.
3. *Where* (dimana), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu tempat kejadian suatu peristiwa tersebut terjadi.
4. *When* (kapan), suatu pertanyaan yang bertujuan untuk mencari tahu waktu terjadinya suatu peristiwa.
5. *Why* (mengapa), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu latar belakang atau penyebab terjadinya peristiwa itu terjadi.
6. *How* (bagaimana), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu proses peristiwa itu terjadi.

Adapun penjelasan secara lengkap mengenai pertanyaan-pertanyaan yang digunakan dalam analisis 5W+1H dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Analisis Pertanyaan 5W+1H

What (Apa)?	Who (Siapa)?	Where (dimana)?
1. Apa yang harus dilaksanakan untuk <i>kaizen</i> ?	1. Siapa yang akan melaksanakan <i>kaizen</i> ?	1. Dimana akan dilaksanakan <i>kaizen</i> ?

(Lanjut...)

Tabel 2.5. Analisis Pertanyaan 5W+1H (Lanjutan)

What (Apa)?	Who (Siapa)?	Where (dimana)?
<p>2. Apa yang sedang dilaksanakan dalam <i>kaizen</i>?</p> <p>3. Apa yang harus dilaksanakan demi <i>kaizen</i>?</p> <p>4. Apa lagi yang dapat dilaksanakan dalam <i>kaizen</i>?</p> <p>5. Apa lagi yang seharusnya dilaksanakan dalam <i>kaizen</i>?</p>	<p>2. Siapa yang sedang melaksanakan <i>kaizen</i>?</p> <p>3. Siapa yang seharusnya melaksanakan <i>kaizen</i>?</p> <p>4. Siapa lagi yang dapat melaksanakan <i>kaizen</i>?</p> <p>5. Siapa lagi yang seharusnya melaksanakan <i>kaizen</i>?</p>	<p>2. Dimana sedang dilaksanakan <i>kaizen</i>?</p> <p>3. Dimana seharusnya dilaksanakan <i>kaizen</i>?</p> <p>4. Dimana lagi dapat dilaksanakan <i>kaizen</i>?</p> <p>5. Dimana lagi seharusnya dilaksanakan <i>kaizen</i>?</p>

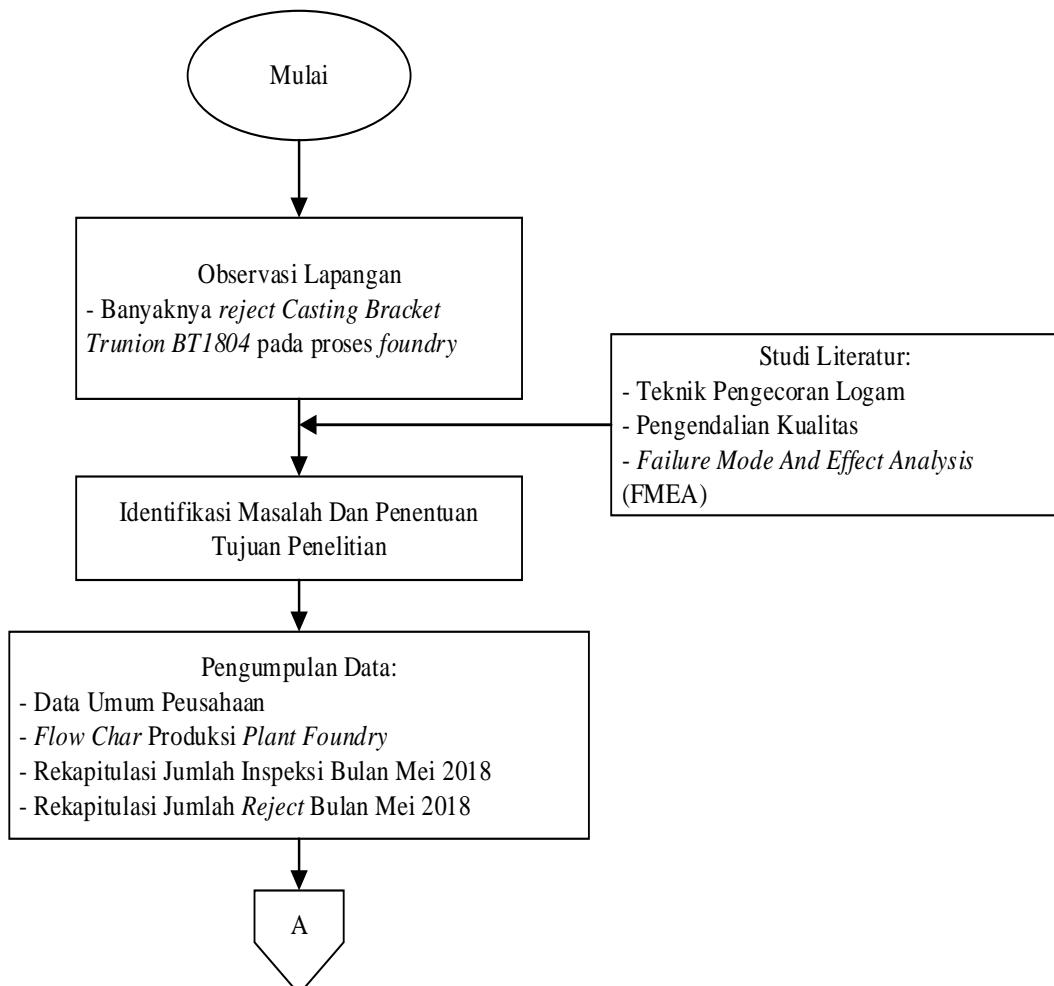
(Sumber: Gaspersz, 2001)

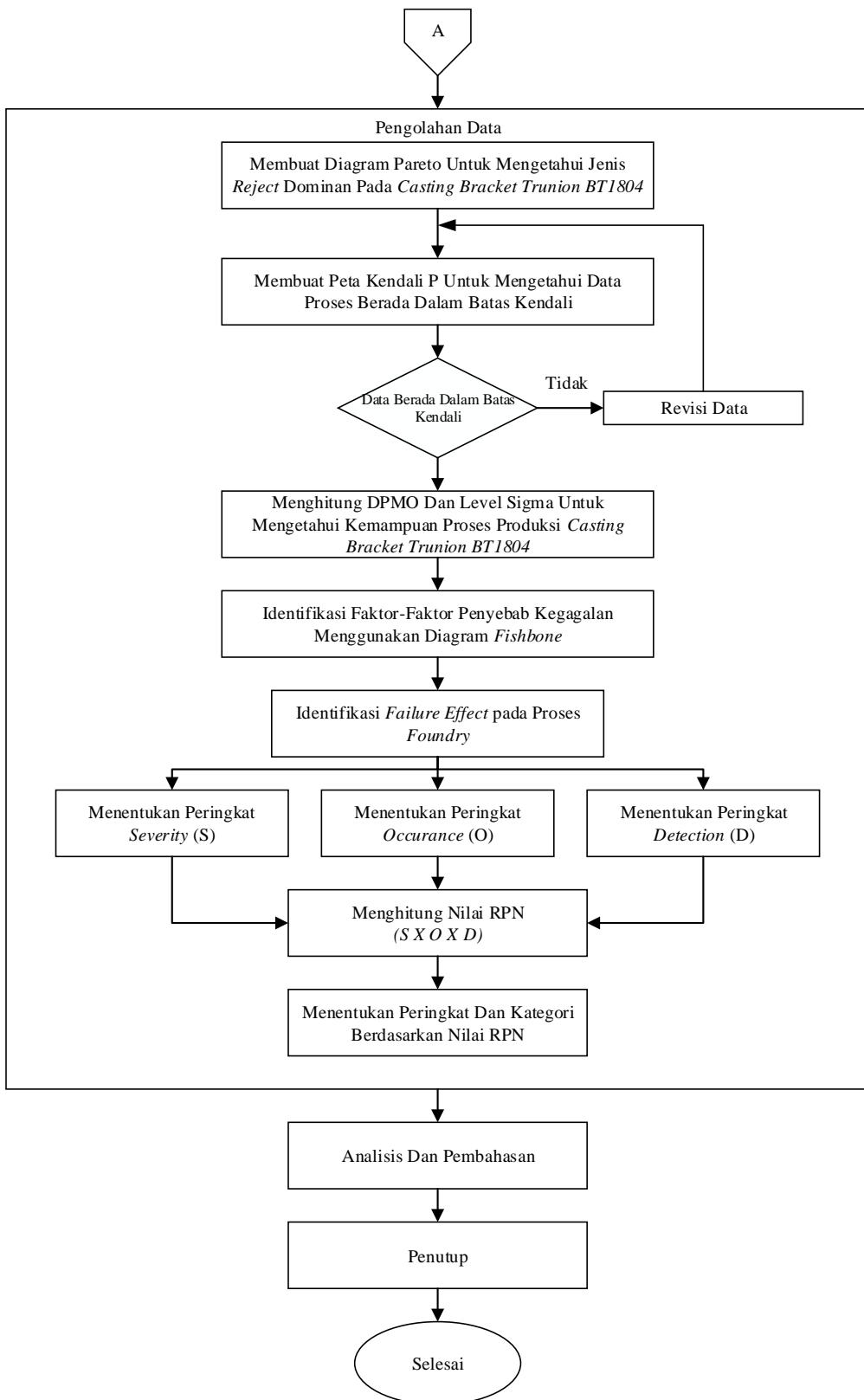
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan tahapan penelitian yang harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan proses pemecahan masalah, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan lebih terarah dan terkendali, sehingga mempermudah dalam menganalisa permasalahan yang ada.

3.1. Tahapan Metodologi Penelitian





Gambar 3.1 Kerangka Pemecahan Masalah
(Sumber: Pengolahan Data)

3.2. Observasi Lapangan

Pada tahap awal dalam penelitian ini dilakukan observasi lapangan untuk mengenali sistem perusahaan serta mengamati proses produksi pengecoran logam diperusahaan. Saat melakukan observasi ini juga dilakukan wawancara secara umum kepada para pihak departemen *quality foundry* dan produksi serta operator mesin untuk mengetahui permasalahan yang terjadi.

3.3. Studi Literatur

Tahap ini merupakan pencarian sumber-sumber referensi yang dapat dipercaya serta dipertanggung jawabkan terkait permasalahan yang sedang terjadi untuk memperoleh solusi terbaik atas masalah dan menentukan metode yang tepat. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari penelitian terdahulu serupa dengan persoalan yang akan dibahas, serta mempelajari teori-teori dari berbagai buku, jurnal, dan refensi terpercaya lainnya. Studi literatur mencangkup hal-hal seperti teknik pengecoran logam, pengendalian kualitas, dan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA).

3.4. Penentuan Masalah dan Tujuan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan penentuan masalah yang akan dibahas lebih lanjut agar penelitian terfokus pada suatu persoalan sehingga arah dan tujuan penelitian dapat ditetapkan dengan jelas.

3.5. Pengumpulan Data

Dalam penelitian, data merupakan syarat utama yang harus dikumpulkan untuk menunjang sebuah analisis untuk mencapai tujuan penelitian. Jenis data dalam suatu penelitian dibagi menjadi 2 (dua), meliputi:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung (dari tangan pertama). Data primer diperoleh menggunakan alat ukur, atau pengambilan data langsung pada subjek (orang) sebagai sumber informasi. Data primer dapat berupa opini subjek yang berkaitan dengan objek yang diteliti, hasil observasi terhadap suatu objek, kejadian, ataupun hasil pengujian. Metode yang digunakan untuk memperoleh data primer ini yaitu dengan melakukan

pengamatan, dan wawancara kepada pihak-pihak yang berhubungan dengan data yang dibutuhkan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber-sumber yang telah ada (tangan kedua). Data sekunder diperoleh dari data yang telah diteliti atau dikumpulkan oleh pihak lain, yang kaitannya dengan data yang dibutuhkan. Data sekunder dalam penelitian ini yaitu profil perusahaan, struktur organisasi, jenis produk, jumlah produksi, jumlah inspeksi dan jumlah *reject Casting Bracket Trunion BT1804* pada proses *foundry*.

3.6. Pengolahan Data

Pada tahap ini dijelaskan tahap-tahap dalam melakukan pengolahan data yang telah diambil dari tahap pengumpulan data dengan menggunakan metode-metode yang dipilih guna memecahkan masalah dengan baik. Langkah-langkah dalam pengolahan data sebagai berikut:

1. Perhitungan data

Dalam melakukan pengolahan data yang diperoleh, maka digunakan alat bantu statistik yang terdapat pada statistical quality control (SQC) dan statistical process control (SPC). Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

a) Diagram Pareto

Penentuan masalah yang menjadi prioritas dalam penelitian ini menggunakan diagram pareto. Diagram pareto adalah diagram batang yang disusun menurun atau dari besar ke kecil (*descending*). Biasa digunakan untuk mengidentifikasi masalah, tipe kegagalan atau penyebab yang paling dominan sehingga dapat memprioritaskan penyelesaian masalah.

b) Perhitungan Proporsi Cacat

Proporsi cacat pada masing-masing sampel dengan berbagai jenis cacat dihitung untuk kemudian dilakukan perhitungan batas kendali.

c) Perhitungan Batas Kendali Proporsi Cacat

Perhitungan batas kendaliproporsi cacat dilakukan guna menentukan batas kendali pada masing-masing sampel yang diambil.

d) Peta Kendali p

Peta kendali bertujuan untuk melihat apakah data proses sudah dalam proses pengendalian statistik atau tidak. Peta kendali yang digunakan pada penelitian ini adalah peta kendali p.

e) Perhitungan Nilai DPMO dan Level Sigma

Untuk mengetahui tingkat kinerja perusahaan yang dilakukan adalah melakukan perhitungan tingkat sigma perusahaan pada saat ini dengan menggunakan perhitungan nilai DPMO (*Defect Per Million Oppurtunities*) yang dikonversikan ke dalam tabel sigma.

2. Pembuatan Diagram *Fishbone*

Pada tahap ini dibuat analisis permasalahan menggunakan diagram *fishbone*, adapun tahap-tahap pembuatannya adalah sebagai berikut:

- a) Mulai dengan pernyataan masalah-masalah utama penting dan mendesak untuk diselesaikan.
- b) Tuliskan pernyataan masalah pada kepala ikan, yang merupakan akibat (*effect*). Tulislah pada sisi sebelah kanan dari kertas (kepala ikan), kemudian gambarkan tulang belakang dari kiri ke kekanan dan tempatkan pernyataan masalah itu dalam kotak.
- c) Tuliskan faktor-faktor penyebab utama (sebab-sebab) yang mempengaruhi masalah kualitas sebagai tulang besar, juga ditempatkan dalam kotak. Faktor-faktor penyebab atau kategori-kategori dapat dikembangkan melalui *brainstorming*.

3. Identifikasi *failure effect* pada proses *foundry*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi efek kegagalan (*failure effect*) pada proses *foundry* yang bertujuan untuk mengetahui efek kegagalan yang terjadi dari setiap proses dan dampaknya bagi proses selanjutnya.

4. Menentukan Nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*

Setelah mengidentifikasi kegagalan potensial dan efek dari kegagalan, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* berdasarkan tabel *rating severity, occurrence, and detection*.

5. Menghitung Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai RPN, nilai RPN digunakan sebagai acuan untuk memprioritaskan penanganan potensial kegagalan proses yang akan muncul. Nilai RPN merupakan hasil perkalian antara nilai ketangguhan produk dari kegagalan (*severity*), nilai kejadian muncul kegagalan (*occurrence*), dan nilai deteksi kegagalan (*detection*).

6. Penentuan Peringkat Berdasarkan Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Berdasarkan hasil perkalian nilai RPN kemudian diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil. Nilai RPN terbesar merupakan kegagalan potensial dengan prioritas penanganan pertama.

3.7. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis masalah dilakukan terhadap hasil pengolahan data sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian. Analisis masalah dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan dari analisis diagram pareto, analisis peta kendali p, analisis diagram *fishbone*, dan analisis nilai *Risk Priority Number* (RPN). Berdasarkan analisa dari proses potensial yang mengalami kegagalan, maka dapat teridentifikasi penyebab kegagalan atau akar permasalahan yang akan dijadikan pembahasan. Setelah mendapatkan penyebab potensial kegagalan atau akar permasalahan, maka tahap selanjutnya adalah membuat usulan perbaikan penyebab kegagalan tersebut. Usulan perbaikan dilakukan dengan menggunakan metode 5W+1H, serta membuat dokumentasi FMEA.

3.8. Penutup

Dari tahap-tahap penelitian tugas akhir yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan yang menjawab pertanyaan-pertanyaan dari tujuan penelitian. Selain itu juga dapat memberikan saran-saran yang dapat dipertimbangkan bagi penelitian selanjutnya, maupun bagi perusahaan demi pengembangan permasalahan lebih lanjut.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Pengumpulan Data

Dalam suatu penelitian, data merupakan kunci untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dan metode pengumpulan data sangat berpengaruh untuk mendapatkan data yang benar. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data umum perusahaan, deskripsi produk, data jumlah inspeksi, dan data jumlah *reject* yang diperoleh dari Departemen *Quality Foundry* pada bulan Mei 2018.

4.1.1. Profil Perusahaan

Nama Perusahaan	:	PT Bakrie Autoparts
Status Badan Hukum	:	Perseroan Terbatas
Alamat	:	Jalan Raya Bekasi KM. 27 Pondok Ungu, Bekasi, Jawa Barat.
Nomor Telepon / <i>Faximile</i>	:	(62-21) 88976601, 8879707 (62-21) 88976607
Tahun Berdiri	:	Akte Notaris No. 273 Tanggal 30 April 1974
Bidang Usaha	:	Manufaktur
Produk yang Dihasilkan	:	Komponen Automotif
Jumlah Karyawan	:	680 Orang

4.1.2. Sejarah Umum Perusahaan

PT Bakrie Autoparts pada awal berdirinya bernama PT Bakrie Tubemaker, yaitu suatu usaha patungan antara Bakrie & Brothers dan merupakan suatu perusahaan pipa terbesar di Indonesia dengan nama *Tubemaker of Australia Limited* yang memproduksi pipa *fitting* sejak tahun 1934 di Australia.

PT Bakrie Autoparts beralamat di Jalan Raya Bekasi KM. 27 Pondok Ungu, Bekasi Jawa Barat. PT Bakrie Autoparts adalah suatu perusahaan industri yang bergerak di bidang pengecoran logam (*Ferrous Foundry*) yang terpercaya untuk

menghasilkan produk dengan kualitas tinggi sesuai dengan keinginan pemesan. Hal tersebut dikarenakan, tenaga ahli yang dipakai adalah putra-putri Indonesia yang telah berhasil menekuni dan mengembangkan teknologi pengecoran yang diserap baik selama masih bekerja sama dengan *Tubemake of Australia Limited*. Selain itu juga, adanya konsultan-konsultan yang didatangkan dari Eropa, Australia, Jepang maupun Amerika.

PT Bakrie Autoparts didirikan pada tanggal 30 Agustus 1974, dengan Akta Notaris Nomor 273, dan surat keputusan Menteri Perindustrian Nomor 392/M/SK/1974 dengan produksi utama saat itu adalah pipa *fitting* dan *socket* dari ukuran $\frac{1}{2}$ inch.



Gambar 4.1 Gedung Kantor PT. Bakrie Autoparts
(Sumber: PT. Bakrie Autoparts)

Sejalan dengan izin usaha yang dimiliki, PT Bakrie Autoparts telah berhasil mengembangkan produk-produk barunya yaitu *general casting* dan telah mampu melayani pesanan baik dari sektor swasta maupun pemerintah seperti: *Fly Wheel*, *Air Brake Coupling*, *Transmission*, *Exhaust Manifold*, *Sipil Component*, dan lain-lain. Khusus dibidang *Brake*, PT Bakrie Autoparts telah mampu memproduksinya dengan kualitas tinggi dan telah diuji sendiri oleh pemakainya, seperti *Brake Drum* dan *Disc Brake* untuk merek Mitsubishi, Daihatsu, Suzuki, Chevrolet, Toyota, Opel dan semua merek kendaraan dari kelas sedan sampai truk. Dengan demikian PT Bakrie Autoparts berkembang ke industri komponen otomotif.

Hasil dari semua ini dapat dicapai karena memang PT Bakrie Autoparts selain memiliki peralatan-peralatan produksi yang terpercaya juga memiliki laboratorium serta tenaga ahli yang cukup teruji sehingga menghasilkan produk yang berkualitas.

PT Bakrie Autoparts memiliki merek dagang yaitu BT yang selalu tertera pada setiap produk-produk yang dihasilkan. Penjualan produk-produk tersebut, yaitu 80% didalam negeri dan 20% dijual ke luar negeri. Adapun perusahaan-perusahaan yang menjadi pembeli (*customers*) serta negara-negara yang dieksport, yaitu:

1. Dalam Negeri

Mistubishi, Toyota, Mercedes, Isuzu, Daihatsu, Hino, Nissan Diesel, Opel, Chevrolet, Mazda, Freysinnet Total Technology, PT Hutama Karya, PT VSL Indonesia, PT Yanmar Diesel Indonesia.

2. Luar Negeri

Jepang, Malaysia, Australia, Italia.

4.1.3. Struktur Organisasi

Dalam setiap organisasi dengan segala aktifitasnya akan terjalin hubungan diantara individu. Makin besar organisasi, makin kompleks hubungan yang terjadi diantara individu. Oleh karena itu, diperlukan struktur organisasi yang merupakan suatu gambaran yang menyatakan pembagian, tanggung jawab masing-masing individu tersebut dan menunjukan tingkat spesifikasi dalam kegiatan kerja.

Jadi, struktur organisasi merupakan salah satu alat manajemen yang penting untuk mencapai tujuan perusahaan secara efektif dan efisien. Oleh karena itu, setiap badan usaha harus memiliki struktur organisasi karena sangat penting dalam membantu melaksanakan kegiatan perusahaan. Struktur Organisasi PT Bakrie Autoparts dapat dilihat pada Lampiran A.

4.1.4. Visi dan Misi Perusahaan

PT Bakrie Autoparts mempunyai visi dan misi yang harus dijalankan seluruh karyawannya guna tercapainya visi dan misi tersebut. Visi dan misi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Visi:

PT Bakrie Autoparts menjadi *Supplier* Komponen Industri Transportasi yang mempunyai reputasi internasional.

2. Misi:

- a. Menjadi bagian yang mempunyai kompetensi baik dari *group* Bakrie & Brothers dengan memberikan kontribusi positif bagi perkembangan *group* Bakrie & Brothers
- b. Menjadi *supplier* yang terpilih dalam industri komponen produk otomotif
- c. Mampu membuat produk pengganti *casting* impor yang digunakan oleh industri otomotif
- d. Membuat diversifikasi tipe produk industri transportasi
- e. Menciptakan dan menggunakan teknologi untuk menghasilkan kualitas produk yang memberikan keuntungan dengan *cost* yang efisien
- f. Meningkatkan jenis produk yang menghasilkan nilai tambah
- g. Unggul di bidang pengecoran, pelatihan dan pendidikan (pengecoran) dan membantu pengembangan industri kecil
- h. Memberikan keuntungan yang baik kepada karyawan
- i. Membantu pengembangan industri pengecoran skala kecil dan menengah.

4.1.5. Produk yang Dihasilkan

Tipe-tipe produk yang dihasilkan oleh PT Bakrie Autoparts adalah sebagai berikut:

1. *Automotive Components*

Brake Drum, Disc Brake, Fly Wheel, Hub, Spacer, Pad RR Spring, Collar Komatsu, Case Thermostat dan lain-lain.

2. *General Engineering Casting*

Diesel Components, Civil Works, dan Electrical Accessories.

Dibawah ini adalah gambar tipe-tipe produk yang dihasilkan:



(a). komponen otomotif

(b). *general casting*

Gambar 4.2. Macam-Macam Tipe Produk yang Dihasilkan
(Sumber: Departemen PPC PT Bakrie Autoparts)

4.1.6. Data Jumlah Inspeksi dan *Reject Plant Foundry* Bulan Mei 2018

Berdasarkan hasil pengamatan jenis-jenis *casting* yang diproduksi pada *plant foundry* di PT Bakrie Autoparts, berikut adalah data jumlah *casting* yang diinspeksi dan jumlah *reject* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Jumlah inspeksi dan *reject plant foundry* bulan Mei 2018

No	Mesin	BT No.	BT Description	Inspeksi (unit)	Reject (unit)	Percentase Reject
1	BMD	755	FLY WHEEL BM/RM	643	45	2,92%
2	BMD	1326	HUB FRONT AXLE 42411-OWO 10	152	24	1,56%
3	BMD	1329	BRAKE DRUM 43512- OWO 50	461	23	1,49%
4	BMD	1332	BRAKE DRUM 43512-OWO 40	115	19	1,23%
5	BMD	1333	BRAKE DRUM 42431-OWO 10	155	22	1,43%
6	BMD	1334	BRAKE DRUM 42431-OWO 20	435	28	1,82%
7	BMD	1335	BRAKE DRUM 43512-OWO 30	651	33	2,14%
8	BMD	1342	BD REAR HINO RG 43512-2830A	146	15	0,97%
9	BMD	1413	FLY WHEEL HINO 13451-4240C	98	2	0,13%
10	BMD	1343	BD FRONT HINO RG 43512-4350A	334	18	1,17%
11	BMD	1455	FLY WHEEL JBI	80	9	0,58%
12	BMD	1464	FLY WHEEL HOUSING HIEGHT	1.097	44	2,86%
13	BMD	1329	'BRAKE DRUM 43512- OWO 50 (SINTO)	90	7	0,45%
14	BMD	1486	FLY WHEEL HOUSING (LOW)	523	14	0,91%
15	BMD	1475	FLY WHEEL YAMINDO TS 190 R - S	75	12	0,78%
16	BMD	1487	'FLY WHEEL ME 012550	670	21	1,36%
17	BMD	1481	BD. MITSUBHISI	55	8	0,52%
18	BMD	1491	HUB HINO FRONT	171	16	1,04%

(Lanjut...)

Tabel 4.1. Jumlah inspeksi dan *reject plant foundry* bulan Mei 2018 (Lanjutan)

No	Mesin	BT No.	BT Description	Inspeksi (unit)	Reject (unit)	Persentase Reject
19	BMD	1492	HUB HINO REAR	123	14	0,91%
20	BMD	1520	BD. FRONT MITSUBHISI MK.528539	1.036	34	2,21%
21	BMD	1519	BD. MITSUBHISI FRONT	450	27	1,75%
22	BMD	1528	BD. MITSUBHISI Rear	2.037	48	3,11%
23	BMD	1545	BD. MITSUBHISI	708	29	1,88%
24	BMD	1412	FLY WHEEL HINO	2.806	56	3,63%
25	BMD	1333	'BRAKE DRUM 42431-OWO 10	60	11	0,71%
26	BMD	1792	CARRIER DIFFERENTIAL	1.818	39	2,53%
27	BMD	1804	BRACKET TRUNION	1.541	90	5,84%
28	BMD	1915	BRAKE DRUM NEW TD	115	15	0,97%
29	BMD	1996	GUIDE WASKITA	240	17	1,10%
30	BMD	1972	FLYWHEEL YANMAR DIESEL	66	10	0,65%
31	BMD	1335	BRAKE DRUM 43512- OWO 30	60	10	0,65%
32	BMD	1981	SADDLE UPPER	118	17	1,10%
33	BMD	1981	SADDLE UPPER	116	12	0,78%
34	BMD	1915	BRAKE DRUM NEW TD	4.338	49	3,18%
35	BMD	1988	BEARING PLATE WBP 13-12	220	12	0,78%
36	BMD	1989	BEARING PLATE WBP 13-19	223	18	1,17%
37	BMD	1412/1989	FLY WHEEL HINO/WASKITA	60	12	0,78%
38	BMD	2004	CENTER BEARING BRACKET	8	1	0,06%

(Sumber: PT Bakrie Autoparts)

Berdasarkan Tabel 4.1, diketahui bahwa persentase *reject* tertinggi adalah *Casting Bracket Trunion BT1804* dengan persentase *reject* sebesar 5,84%. Oleh karena itu dilakukan penelitian terhadap *Casting Bracket Trunion BT1804* karena perlu dilakukan tindakan perbaikan dan peningkatan kualitas pada *Casting Bracket Trunion BT1804*.

4.1.7. Deskripsi Produk

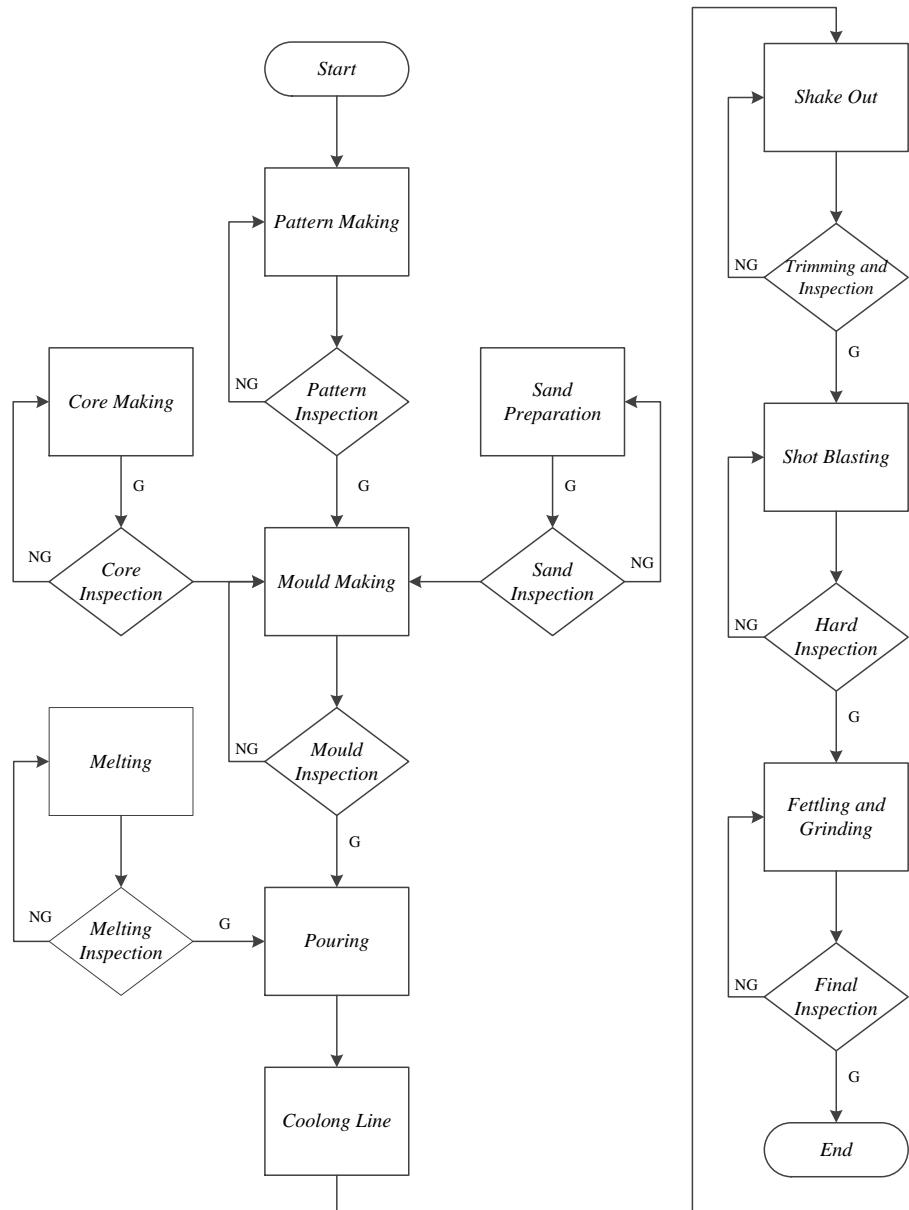
Casting Bracket Trunion BT1804 adalah produk setengah jadi yang mendekati bentuk geometri akhir dari *Bracket Trunion BT1804*. *Bracket Trunion BT1804* merupakan bagian utama dari sistem suspensi yang ada pada *truck* tronton, yang berfungsi sebagai pengikat *seat trunion* dan *ball joint* pada unit *truck* HINO New Ranger 500.



Gambar 4.3. *Casting Bracket Trunion BT1804*
(Sumber: PT Bakrie Autoparts)

4.1.8. Proses Produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*

Proses produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* pada PT Bakrie Autoparts dapat digambarkan dengan sebuah *flow chart*. *Flow chart* merupakan sebuah peta aliran suatu sistem yang bertujuan untuk mempermudah dalam melihat setiap tahapan proses yang ada pada suatu sistem. Untuk lebih jelasnya mengenai gambaran *flow chart* proses produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. *Flow Chart* Proses Produksi Casting Bracket Trunion BT1804
(Sumber: PT Bakrie Autoparts)

Berdasarkan *flow chart* tersebut, proses produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. *Pattern Making*

Dalam sebuah pengecoran logam, *pattern* merupakan replika dari objek yang ingin dicor. *Pattern* ini digunakan sebagai *cavity* (rongga cetakan), yang merupakan ruangan tempat logam cair yang dituangkan kedalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan

dibuat dengan menggunakan pola. Pemilihan material pola tergantung pada bentuk dan ukuran produk cor, akurasi dimensi, jumlah produk cor dan jenis proses pengecoran yang digunakan.

2. *Core Making*

Core (inti), fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan. Bahan inti harus mampu menahan temperatur cairan logam. Oleh karena itu, bahan inti terbuat dari pasir yang dicampur dengan resin dan katalis yang berfungsi sebagai perekat dan pengeras pasir. Komposisi resin sebanyak 2% pasir dan katalis sebanyak 50% resin. Pada PT Bakrie Autoparts, *core* dibuat dengan cara manual dan dengan menggunakan mesin yang ditentukan berdasarkan ukuran *core*. Pencampuran pasir dengan resin dan katalis pada pembuatan *core* manual dilakukan oleh operator sendiri, sedangkan untuk pembuatan *core* menggunakan mesin, pasir campuran telah tersedia yang diperoleh dari *supplier*. Mesin *core making* dapat memproduksi rata-rata 12 produk per jam.

3. *Sand Preparation*

Pasir merupakan komponen utama dalam proses pengecoran logam dan menjadi faktor penentu utama dalam keberhasilan produk yang dibuat karena pasir akan diolah menjadi cetakan tempat logam akan dituang. Maka dari itu, tentu saja pasir menjadi faktor utama dalam keberhasilan produk yang dibuat agar sesuai dengan standar dan tidak terjadi kecacatan. Pasir mempunyai kandungan yang harus diperhatikan dan dianalisis kadarnya. Material pasir dan kandungan-kandungan yang terdapat di dalamnya harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh *engineering*.

4. *Moulding*

Mould merupakan cetakan yang digunakan sebagai tempat penuangan logam pada proses pengecoran. Bentuk cetakan ini sesuai dengan bentuk produk yang akan dibuat. Proses pembentukan cetakan ini pada prinsipnya menekan pasir dengan tekanan tinggi dengan menggunakan mesin *moulding* BMD. Dengan pemakaian mesin, maka pembuatan cetakan menjadi lebih efisien dan dapat menjamin hasil cetakan yang baik. Pada dasarnya, prinsip kerja dari tiap

mesin itu sama yaitu menggunakan rangka cetak (*flask*), pola (*pattern*), dan pasir cetak (*green sand*) yang ditempatkan pada landasan (*anvil*) sehingga dengan bantuan udara bertekanan piston akan mendorong keatas secara berulang-ulang sehingga pasir cetak dapat memadat pada bagian pemisah (*parting line*). Setelah cetakan terbentuk, inspektor langsung menginspeksi secara visual bahwa cetakan telah sesuai standar atau belum, setelah itu operator memasang *core* (inti) jika produk tersebut mempunyai *core* untuk dipasang, kemudian memberikan bolongan sebagai jalur keluarnya gas saat cetakan dialiri cairan logam. Selanjutnya *cope* dan *drag* digabungkan dalam proses yang disebut *joint mould* menggunakan mesin.

5. *Melting*

Melting merupakan proses peleburan metal yang akan dituang kedalam cetakan. Proses peleburan ini dilakukan dalam mesin *furnace*. *Charging material* terdiri dari *geram*, *steel scrap*, produk *return*, *carburizer*, SIC/FeSi, FeMo dan material-material lain yang mengandung kandungan metal yang dibutuhkan. Proses peleburan dilakukan hingga kandungan metal yang dihasilkan sesuai dengan standar. Oleh karena itu, inspektor dari laboratorium sangat dibutuhkan dalam proses ini untuk mengecek komposisinya. Material yang digunakan dalam produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* manufakturnya adalah FCD (*Ferrous Casting Ductile*). Perbedaan bahan produk yang akan dibuat tergantung permintaan dari *customer*.

6. *Pouring*

Pouring merupakan proses penuangan cairan metal ke dalam cetakan. Sebelum dituang, cairan metal harus di campurkan *inoculant* untuk mengangkat kandungan-kandungan kotoran yang tidak seharusnya ada sehingga cairan metal yang dituangkan bersih dan berkualitas baik. Selain itu, pihak laboratorium juga perlu untuk mengambil sampel untuk dicek menggunakan *spectrometer* untuk analisis komposisi kimia.

7. *Cooling Line*

Cooling merupakan proses pendinginan metal yang telah dituangkan ke dalam cetakan. Pendinginan ini membutuhkan waktu hingga lebih kurang 3 jam.

Maka dari itu, diperlukan jalur pendinginan yang panjang agar dapat menampung seluruh cetakan yang masuk dari proses *pouring* yang berlangsung cepat.

8. *Shake Out*

Shake Out merupakan proses pengguncangan cetakan agar metal yang telah menjadi produk tersebut keluar dari cetakannya. Pengguncangan tersebut dilakukan secara otomatis oleh mesin setelah produk keluar dari tempat pendinginan.

9. *Trimming and Inspection*

Trimming merupakan proses pematahan *sprue* yang masih melekat pada *casting* yang dilakukan secara manual oleh operator. Saat *trimming* dilakukan, operator juga melihat dan mengecek keadaan *casting* secara visual. Saat selesai proses *trimming* ini, *casting* yang dihasilkan masih dalam keadaan kotor dan berwarna hitam. *Casting* yang sudah diinspeksi langsung disusun oleh operator pada palet-palet yang tersedia untuk masuk ke proses selanjutnya.

10. *Shot Blasting*

Proses *shot blasting* merupakan suatu proses pembersihan permukaan dengan cara menembakan partikel permukaan *casting* sehingga menimbulkan gesekan atau tumbukan. Permukaan *casting* tersebut akan menjadi bersih dan kasar. Tingkat kekasarannya dapat disesuaikan dengan ukuran pasirnya serta tekanannya.

11. *Hard Inspection*

Uji *hardness* dilakukan untuk menguji kekuatan *casting* dari produk tersebut. Pertama-tama ambil sampel yang akan diuji lalu diuji dengan gaya tekan 7355 Newton dengan beban 3000 kg apabila diameter tapak bola yang digunakan 10 mm, sedangkan untuk diameter tapak bola 5 mm menggunakan beban 750 kg. Setelah itu dilihat berapa besar diameter tapak bolanya dengan menggunakan *loop*. Semakin besar ukuran diameter maka semakin lunak (*low*) kekuatan dari *casting* tersebut.

12. *Fettling and Grinding*

Fettling and Grinding merupakan proses merapikan *casting* menggunakan gerinda seperti gerinda tangan yang dilakukan manual oleh operator agar tidak terdapat gerigi atau bagian-bagian yang tidak mulus.

13. *Final Inspection*

Final Inspection sepenuhnya dilakukan oleh inspektor dari *quality control* setelah produk melalui proses *setting and grinding*. Pada *final inspection*, produk dicek 100% secara visual. Selain itu, juga dilakukan pengecekan dimensi yang dilakukan per *mould* per bulan.

Selain itu, jika produk akan di *machining*, maka perlu dilakukan *marking size* terlebih dahulu yang dilakukan per *batch* saja. *Marking size* ini dilakukan untuk simulasi *machining*.

Ada pula pengecekan yang dilakukan pada saat-saat tertentu saja, diantaranya:

- Crack Check* dilakukan jika terjadi masalah pada *machining*, sehingga produk harus kembali dicek 100%.
- Spot Check* dilakukan setiap trial produk baru atau *loading balancing* dari suatu *plant* ke *plant* lain.
- Ultrasonic* dilakukan jika terjadi masalah pada produk atau jika produk tersebut masih baru, terutama produk FCD.

4.1.9. Data Jenis *Reject Casting Bracket Trunion BT1804*

Setelah diketahui hasil persentase *reject* terbesar pada proses *foundry* yang dijadikan fokus perbaikan, berikutnya adalah melakukan pengumpulan data jenis dan jumlah *reject Casting Bracket Trunion BT1804* pada bulan Mei 2018. Data jenis *reject* untuk *Casting Bracket Trunion BT1804* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Tabel jenis *reject casting Bracket Trunion BT1804*

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (unit)	Jenis <i>Reject</i> (unit)									
			<i>Sand Inclusion</i>	<i>Scabbing</i>	<i>Gas Hole</i>	<i>Shrinkage</i>	<i>Misrun</i>	<i>Crash</i>	<i>Broken Casting</i>	<i>Mould Retak</i>	<i>Bad Mould</i>	<i>Bad Core</i>
1	2-May-18	37	2								1	3
2	3-May-18	18	1								4	5

(Lanjut...)

Tabel 4.2. Tabel jenis *reject casting* Bracket Trunion BT1804 (Lanjutan)

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi Casting Bracket Trunion BT1804 (unit)	Jenis <i>Reject</i> (unit)										
			Sand Inclusion	Scabbing	Gas Hole	Shrinkage	Missrun	Crash	Broken Casting	Mould Retak	Bad Mould		
3	4-May-18	42									0		
4	5-May-18	66	2						1	1	4		
5	6-May-18	35		2			2				4		
6	7-May-18	35									0		
7	8-May-18	49								1	1		
8	9-May-18	44									0		
9	10-May-18	78									0		
10	11-May-18	64								1	1		
11	12-May-18	29				1				1	2		
12	14-May-18	64	2	1	1					2	6		
13	15-May-18	64	1								1		
14	16-May-18	87	1		3					1	5		
15	17-May-18	61			2	1	1			3	7		
16	18-May-18	24	1			1					2		
17	19-May-18	45					1	1		1	3		
18	20-May-18	12			1						1		
19	21-May-18	41	1							2	3		
20	22-May-18	44					1				1		
21	23-May-18	92		1						1	2		
22	24-May-18	43	2						1		5		
23	25-May-18	73									3		
24	26-May-18	47					1				3		
25	27-May-18	47	1			1					1		
26	28-May-18	98	2		1		1				2		
27	29-May-18	53									0		
28	30-May-18	89	3			1	1				2		
29	31-May-18	60	1	1	1		1			1	3		
Total		1.541	20	5	9	1	4	8	2	2	4	35	90

(Sumber: PT Bakrie Autoparts)

Dari data jenis *reject* yang telah diamati pada Casting Bracket Trunion BT1804, berikut ini adalah deskripsi dari masing-masing jenis *reject* tersebut:

1. *Sand Inclusion* (SI)

Sand Inclusion merupakan cacat profil *casting* yang disebabkan adanya rontokan pasir yang membentuk rongga pada permukaan *casting*, aliran cairan

metal terlalu kencang, pasir *mould* erosi, dan penyemprotan *mould* sebelum *joint* kurang bersih.

2. *Scabbing* (SCB)

Scabbing merupakan cacat profil *casting*, cairan menembus pasir cetak yang disebabkan *compressive strength* pasir cetak menurun yang diakibatkan kondensasi air beberapa mm dari permukaan rongga cetak.

3. *Gas Hole* (GH)

Gas Hole merupakan cacat *casting* yang disebabkan gas terjebak dalam cairan yang diakibatkan oleh kadar air berlebih dari *moulding*, dan dapat juga terjadi dikarenakan kandungan gas pada cairan metal.

4. *Shrinkage* (SKG)

Shrinkage merupakan cacat *casting* berupa *porosity* dan cekungan dikarenakan *layout pattern*, komposisi, temperatur cairan.

5. *Missrun* (MS)

Missrun merupakan cacat bagian *casting* yang tidak terbentuk secara utuh disebabkan temperatur cairan logam rendah atau proses penuangan yang lambat.

6. *Crash* (CRS)

Crash merupakan cacat profil *casting* dikarenakan proses *joint mould* dengan *mould* atau *mould* dengan *core* yang bergesekan sehingga adanya rontokan pasir dalam profil *casting*.

7. *Broken Casting* (BC)

Broken casting merupakan cacat profil *casting* dikarenakan adanya perubahan profil *casting* diakibatkan proses pematahan *runner system* atau adanya benturan yang merubah profil *casting*.

8. *Mould Retak* (MRT)

Mould retak merupakan cacat dimensi *casting* dikarenakan *mould* yang retak.

9. *Bad Mould* (BM)

Bad Mould merupakan cacat profil *casting* yang disebabkan adanya profil *mould* yang tidak terbentuk sehingga terisi cairan logam.

10. *Bad Core (BCR)*

Bad core merupakan cacat visual *casting* pada profil area *core* diakibatkan kualitas *core* kurang baik.

4.2. Pengolahan Data

Pengolahan data bertujuan untuk menguji data yang sudah terkumpul dengan menggunakan metode FMEA, sehingga nantinya diperoleh suatu informasi sebagai bahan dari analisa masalah. Dalam laporan ini pengolahan data berisikan pembuatan diagram pareto, peta kendali p, perhitungan nilai sigma, pembuatan diagram *fishbone*, dan tabel FMEA.

4.2.1. Diagram Pareto untuk *Reject Casting Bracket Trunion BT1804*

Diagram Pareto dibuat untuk menemukan masalah atau penyebab paling dominan yang berpengaruh pada penyelesaian masalah. Dengan mengetahui penyebab paling dominan yang seharusnya pertama kali diatasi, maka akan mudah dalam menetapkan prioritas perbaikan. Berikut merupakan tabel persentase *reject* pada *Casting Bracket Trunion BT1804* dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Jenis *reject* dan jumlah *reject*

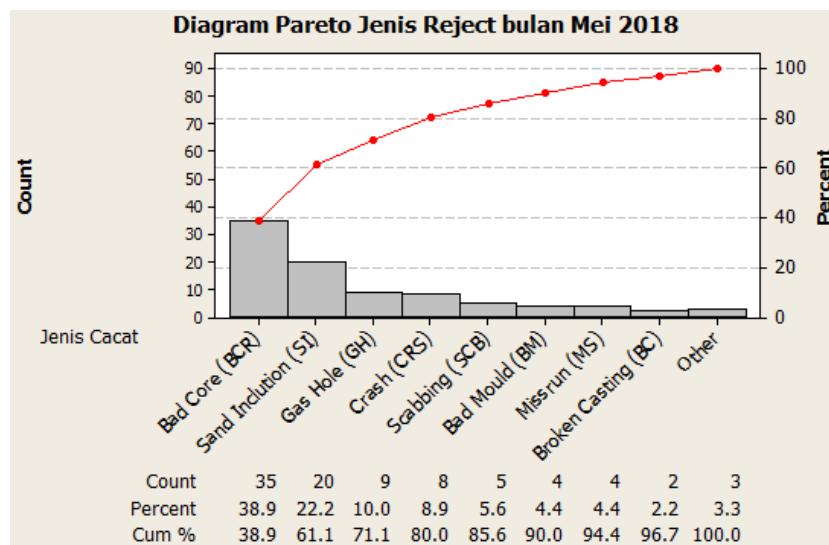
No	Jenis Cacat	Jumlah <i>Reject</i> (unit)	Persentase <i>Reject</i>	Persentase Kumulatif
1	<i>Bad Core (BCR)</i>	35	38,89%	38,89%
2	<i>Sand Inclusion (SI)</i>	20	22,22%	61,11%
3	<i>Gas Hole (GH)</i>	9	10,00%	71,11%
4	<i>Crash (CRS)</i>	8	8,89%	80,00%
5	<i>Scabbing (SCB)</i>	5	5,56%	85,56%
6	<i>Missrun (MS)</i>	4	4,44%	90,00%
7	<i>Bad Mould (BM)</i>	4	4,44%	94,44%
8	<i>Broken Casting (BC)</i>	2	2,22%	96,67%
9	<i>Mould Retak (MRT)</i>	2	2,22%	98,89%
10	<i>Shrinkage (SKG)</i>	1	1,11%	100,00%
	Total	90	100,00%	

(Sumber: Pengolahan Data)

Persentase setiap proses dapat dihitung dengan cara:

$$(\%) \text{ reject bad core (BC)} = \frac{35}{90} \times 100\% = 38,89\%$$

Lakukan langkah yang sama untuk setiap jenis *reject* berikutnya. Kemudian hasil tersebut digambarkan kedalam diagram pareto, maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Diagram Pareto Jenis *Reject*

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan Gambar 4.5, terlihat bahwa jenis *reject* yang paling dominan pada bulan Mei 2018 yaitu jenis *reject* *bad core* (BCR) dengan jumlah *reject* 35 unit dengan persentase sebesar 38,9%, maka jenis *reject* inilah yang akan menjadi fokus dalam perbaikan. Selanjutnya penelitian ini akan berfokus pada *reject bad core* untuk dicari permasalahannya serta penyelesaiannya dengan menggunakan diagram *fishbone*.

4.2.2. Pembuatan Peta Kendali p

Peta kendali p adalah *tools* yang berfungsi mengukur proporsi ketidaksesuaian (penyimpangan atau sering disebut cacat). Peta kendali p berguna untuk mengendalikan proporsi dari item-item yang tidak memenuhi syarat spesifikasi yang telah ditentukan. Sampel yang diambil untuk setiap kali melakukan observasi berubah-ubah jumlahnya atau memang perusahaan akan melakukan 100% inspeksi maka digunakan peta kendali p. Untuk mengetahui apakah penyimpangan pada data *reject* bulan Mei 2018 masih dalam batas kendali atau tidak, maka perlu dibuat peta kendali p.

Adapun perhitungan proporsi cacat dan batas kendalinya mengikuti rumus 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan bagian proporsi bagian yang ditolak

$$p = \frac{np}{n} = \frac{3}{37} = 0,081$$

Data pengamatan ke-1:

- 1) Jumlah produk *reject* per subgrup (np) = 3 unit.
- 2) Jumlah yang diinspeksi per subgrup (n) = 37 unit.

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

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{90}{1.541} = 0,0584$$

Keterangan: $\sum np$ = Jumlah produk *reject*

$\sum np$ = jumlah produk yang diinspeksi

3. Menentukan *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0584 + 3 \sqrt{\frac{0,0584(1-0,0584)}{37}} = 0,1725$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0584 - 3 \sqrt{\frac{0,0584(1-0,0584)}{37}} = -0,0557 = 0$$

Apabila ditemukan LCL bernilai negatif (-) maka nilai LCL dianggap sama dengan 0, karena proporsi barang cacat didalam sebuah sampel tidak akan pernah bernilai negatif.

Uraian diatas merupakan cara untuk menentukan batas-batas kendali yang digunakan pada peta kendali p untuk hari pengamatan ke-1, langkah yang sama dilakukan untuk pengamatan selanjutnya.

Perhitungan batas kendali untuk peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804* pada proses *foundry* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Perhitungan batas kendali untuk peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804*

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (unit)	Jumlah <i>Reject</i> (unit)	Proporsi (p)	Control Limit (CL)	Upper Control Limit (UCL)	Lower Control Limit (LCL)
1	2-May-18	37	3	0,0811	0,0584	0,1725	-0,0557
2	3-May-18	18	5	0,2778	0,0584	0,2035	-0,0867

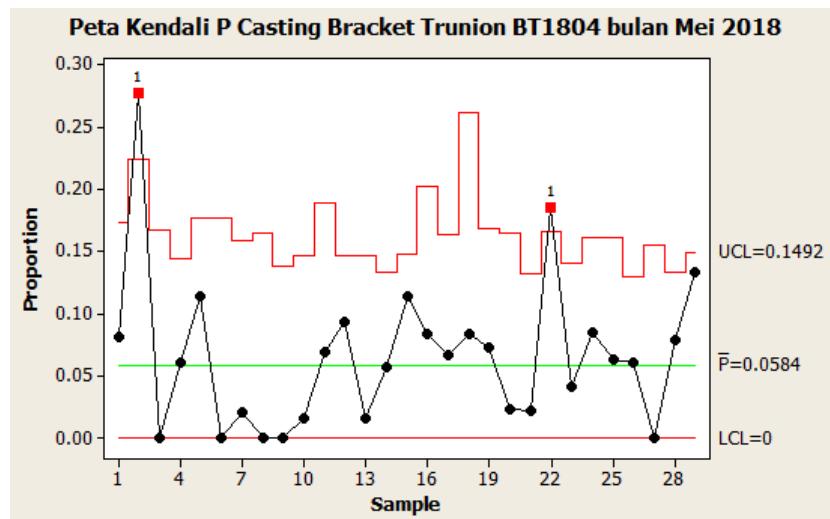
(Lanjut...)

Tabel 4.4. Perhitungan batas kendali untuk peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804* (Lanjutan)

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (unit)	Jumlah Reject (unit)	Proporsi (p)	Control Limit (CL)	Upper Control Limit (UCL)	Lower Control Limit (LCL)
3	4-May-18	42	0	0,0000	0,0584	0,1678	-0,0510
4	5-May-18	66	4	0,0606	0,0584	0,1525	-0,0357
5	6-May-18	35	4	0,1143	0,0584	0,1747	-0,0579
6	7-May-18	35	0	0,0000	0,0584	0,1747	-0,0579
7	8-May-18	49	1	0,0204	0,0584	0,1623	-0,0455
8	9-May-18	44	0	0,0000	0,0584	0,1661	-0,0493
9	10-May-18	78	0	0,0000	0,0584	0,1474	-0,0306
10	11-May-18	64	1	0,0156	0,0584	0,1535	-0,0367
11	12-May-18	29	2	0,0690	0,0584	0,1822	-0,0654
12	14-May-18	64	6	0,0938	0,0584	0,1535	-0,0367
13	15-May-18	64	1	0,0156	0,0584	0,1535	-0,0367
14	16-May-18	87	5	0,0575	0,0584	0,1442	-0,0274
15	17-May-18	61	7	0,1148	0,0584	0,1550	-0,0382
16	18-May-18	24	2	0,0833	0,0584	0,1902	-0,0734
17	19-May-18	45	3	0,0667	0,0584	0,1653	-0,0485
18	20-May-18	12	1	0,0833	0,0584	0,2245	-0,1077
19	21-May-18	41	3	0,0732	0,0584	0,1687	-0,0519
20	22-May-18	44	1	0,0227	0,0584	0,1661	-0,0493
21	23-May-18	92	2	0,0217	0,0584	0,1426	-0,0258
22	24-May-18	43	8	0,1860	0,0584	0,1669	-0,0501
23	25-May-18	73	3	0,0411	0,0584	0,1494	-0,0326
24	26-May-18	47	4	0,0851	0,0584	0,1638	-0,0470
25	27-May-18	47	3	0,0638	0,0584	0,1638	-0,0470
26	28-May-18	98	6	0,0612	0,0584	0,1409	-0,0241
27	29-May-18	53	0	0,0000	0,0584	0,1596	-0,0428
28	30-May-18	89	7	0,0787	0,0584	0,1436	-0,0268
29	31-May-18	60	8	0,1333	0,0584	0,1555	-0,0387

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.4, selanjutnya data dimasukkan kedalam aplikasi *minitab* untuk dibuat peta kendali p. Peta ini berguna untuk melihat lebih jelas mengenai data yang masih berada dalam batas kontrol maupun data yang melebihi batas kontrol. Adapun peta kendali p dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804*
(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan peta kendali p yang telah dibuat, ditemukan beberapa data yang keluar dari batas kendali, data tersebut adalah data ke-2, dan 22. Hal ini disebabkan karena proses produksi dan pengawasan yang kurang baik sehingga mengakibatkan *casting reject* dan harus dilakukan perbaikan dalam proses produksi, sehingga dapat dihasilkan data yang berada dalam batas kendali. Kemudian data yang melewati batas kendali tersebut dihilangkan untuk direvisi. Hasil revisi dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Perhitungan batas kendali untuk peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804* (Revisi)

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (unit)	Jumlah Reject (unit)	Proporsi (p)	Control Limit (CL)	Upper Control Limit (UCL)	Lower Control Limit (LCL)
1	2-May-18	37	3	0,0811	0,0520	0,1621	-0,0580
2	4-May-18	42	0	0,0000	0,0520	0,1428	-0,0387
3	5-May-18	66	4	0,0606	0,0520	0,1641	-0,0601
4	6-May-18	35	4	0,1143	0,0520	0,1641	-0,0601
5	7-May-18	35	0	0,0000	0,0520	0,1522	-0,0482
6	8-May-18	49	1	0,0204	0,0520	0,1559	-0,0519
7	9-May-18	44	0	0,0000	0,0520	0,1379	-0,0338
8	10-May-18	78	0	0,0000	0,0520	0,1437	-0,0397
9	11-May-18	64	1	0,0156	0,0520	0,1714	-0,0673
10	12-May-18	29	2	0,0690	0,0520	0,1437	-0,0397
11	14-May-18	64	6	0,0938	0,0520	0,1437	-0,0397

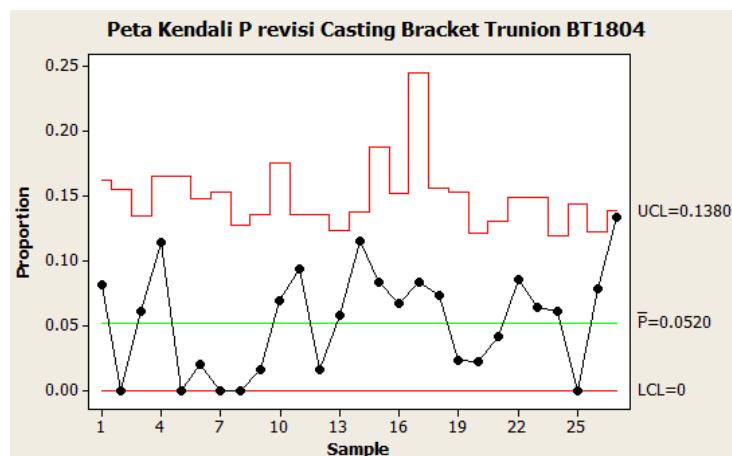
(Lanjut...)

Tabel 4.5. Perhitungan batas kendali untuk peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804* (Revisi)(Lanjutan)

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (unit)	Jumlah <i>Reject</i> (unit)	Proporsi (p)	Control Limit (CL)	Upper Control Limit (UCL)	Lower Control Limit (LCL)
12	15-May-18	64	1	0,0156	0,0520	0,1348	-0,0307
13	16-May-18	87	5	0,0575	0,0520	0,1452	-0,0411
14	17-May-18	61	7	0,1148	0,0520	0,1792	-0,0751
15	18-May-18	24	2	0,0833	0,0520	0,1551	-0,0511
16	19-May-18	45	3	0,0667	0,0520	0,2122	-0,1082
17	20-May-18	12	1	0,0833	0,0520	0,1584	-0,0543
18	21-May-18	41	3	0,0732	0,0520	0,1559	-0,0519
19	22-May-18	44	1	0,0227	0,0520	0,1333	-0,0292
20	23-May-18	92	2	0,0217	0,0520	0,1398	-0,0357
21	25-May-18	73	3	0,0411	0,0520	0,1536	-0,0496
22	26-May-18	47	4	0,0851	0,0520	0,1316	-0,0275
23	27-May-18	47	3	0,0638	0,0520	0,1497	-0,0456
24	28-May-18	98	6	0,0612	0,0520	0,1342	-0,0301
25	29-May-18	53	0	0,0000	0,0520	0,1457	-0,0416
26	30-May-18	89	7	0,0787	0,0520	0,0526	-0,0301
27	31-May-18	60	8	0,1333	0,0520	0,0528	-0,0416

(Sumber: Pengolahan Data)

Setelah membuang data yang keluar dari batas kendali, berikut ini gambar peta kendali p yang sudah dilakukan revisi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.7. Peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804* revisi
(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembuatan peta kendali yang telah dilakukan revisi. Dapat dilihat bahwa semua data tersebut sudah berada pada batas pengendalian (*in control*). Hal ini menunjukan bahwa produk *reject* yang

dihasilkan pada masing-masing observasi masih dalam batas yang diperbolehkan, karena semua data berada dalam batas kendali.

4.2.3. Perhitungan Nilai *Sigma*

Perhitungan nilai *sigma* produk dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus perhitungan *sigma* yang telah baku, dan dibantu menggunakan tabel nilai *sigma*. Hasil dari data atribut akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defect per Million Opportunities*). *Level Sigma* merupakan hasil konveksi dari nilai DPMO ke dalam tabel *sigma*. Perhitungan DPMO dan nilai *sigma* proses *foundry* pada *Casting Bracket Trunion BT1804* mengikuti rumus 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan DPMO

a) *Unit* (U)

Jumlah produk yang diperiksa pada bulan Mei 2018 adalah sebesar 1.541 unit.

b) *Opportunities* (OP)

Berdasarkan jenis *reject*-nya, terdapat sepuluh jenis *reject* yaitu, *sand inclusion, scabbing, gas hole, shrinkage, missrun, crash, broken casting, mould retak, bad mould*, dan *bad core*. Hal ini merupakan sebuah kesempatan terjadinya *defect/reject* pada setiap unit produk yang dihasilkan.

c) *Defect* (D)

Jumlah *reject* periode bulan Mei 2018 sebesar 90 unit.

d) *Defect per Unit*

$$\begin{aligned} DPU &= \frac{D}{U} \\ &= \frac{90}{1.541} = 0,0584 \end{aligned}$$

e) *Total Opportunities* (TOP)

$$\begin{aligned} TOP &= U \times OP \\ &= 1.541 \times 10 = 15.410 \end{aligned}$$

f) *Defect per opportunities* (DPO)

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

$$= \frac{90}{15.410} = 0,00584$$

g) *Defect per Million Opportunities* (DPMO)

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

$$= 0,00584 \times 1.000.000$$

$$= 5.840$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa jumlah cacat per satu juta kesempatan (DPMO) adalah 5.840 unit.

2. Konversi Nilai DPMO ke Nilai *Sigma*

Pada perhitungan sebelumnya, telah didapat nilai DPMO untuk *Casting Bracket Trunion BT1804*, sebesar 5.840 cacat. Berikut adalah perhitungan nilai *sigma* berdasarkan konsep motorola.

$$\frac{5.868-5.703}{5.868-5.840} = \frac{4,02-x}{x-4,03}$$

$$\frac{165}{28} = \frac{4,02-x}{x-4,03}$$

$$165(x - 4,03) = 28(4,02 - x)$$

$$165x - 664,95 = 112,56 - 28x$$

$$165x + 28x = 112,56 + 664,95$$

$$193x = 777,51$$

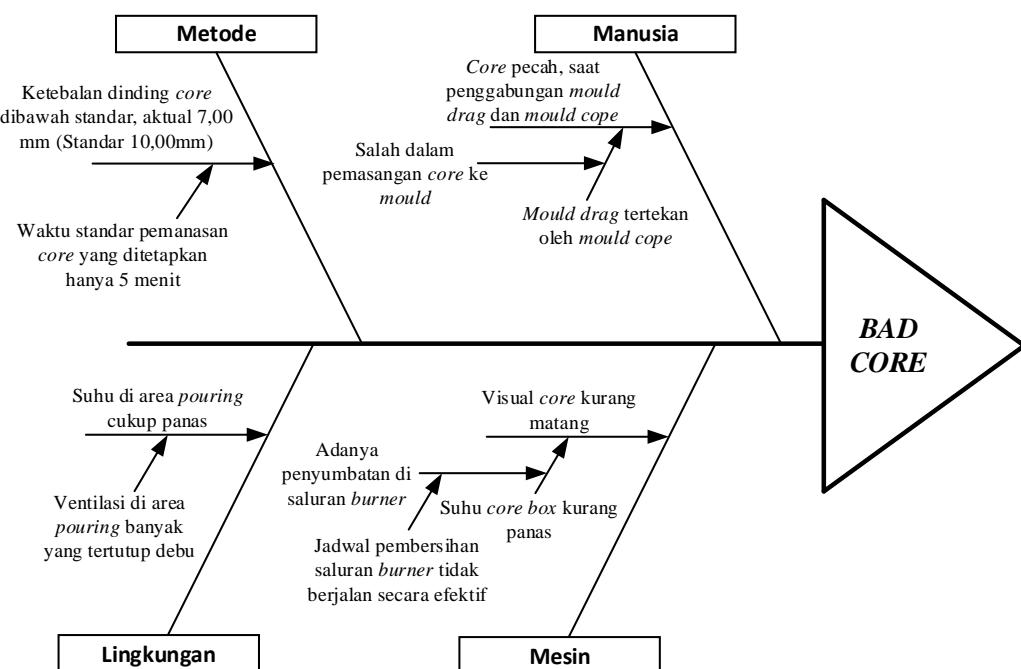
$$x = \frac{777,51}{193}$$

$$x = 4,0285$$

Berdasarkan perhitungan diatas, level *sigma* yang diperoleh perusahaan saat ini untuk *Casting Bracket Trunion BT1804* berada pada level 4,028 dengan kemungkinan *casting reject* sebesar 5.840 unit untuk satu juta kali proses produksi. Hal ini tentu saja menjadi kerugian bagi perusahaan apabila tidak dilakukan perbaikan pada proses produksi untuk menekan tingkat *reject* yang dihasilkan setiap proses produksi, sehingga dapat meningkatkan level *sigma* perusahaan.

4.3. Diagram Fishbone

Pada proses *foundry* untuk produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* ditemukan kejadian yang tidak diinginkan yaitu masih tingginya *reject* pada produksinya. Salah satunya adalah *reject bad core*. Diagram *fishbone* digunakan untuk menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang terjadi. Berdasarkan *reject* yang paling dominan yang diketahui, maka selanjutnya dibuat diagram *fishbone* pada proses *foundry* untuk produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.8. Diagram *fishbone* reject *bad core*
(Sumber: Brainstorming, 2018)

Dari diagram *fishbone* yang telah dibuat, diketahui bahwa terdapat beberapa faktor yang menyebabkan *reject bad core*. Faktor-faktor tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Faktor Penyebab *Reject Bad Core*

No	Faktor	Penyebab
1	Manusia	1. <i>Core</i> pecah saat penggabungan <i>mould drag</i> dan <i>mould cope</i> , sehingga ketika <i>mould drag</i> dan <i>mould cope</i> digabungkan <i>mould drag</i> tertekan oleh <i>mould cope</i> . dikarenakan salah dalam pemasangan <i>core</i> ke <i>mould</i>

(Lanjut...)

Tabel 4.6. Faktor Penyebab *Reject Bad Core* (Lanjutan)

No	Faktor	Penyebab
2	Metode	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jika dilihat secara visual <i>core</i> sudah matang, namun setelah <i>core</i> dibelah ternyata ketebalan dinding <i>core</i> dibawah standar (aktual 7,00mm) sedangkan standar minimum yang ditetapkan adalah 10,00mm, ini dikarenakan waktu standar proses pemanasan <i>core</i> hanya 5 menit.
3	Mesin	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adanya cecutan cairan metal yang mengeras pada rel konveyor sehingga jalannya <i>mould</i> saat masuk area <i>pouring</i> bergetar, hal ini disebabkan karena kurang efektifnya jadwal pembersihan area rel konveyor. 2. Adanya penyumbatan pada saluran <i>burner</i> sehingga sehingga <i>core</i> tidak matang secara keseluruhan, hal ini disebabkan oleh kurang efektifnya jadwal pembersihan saluran <i>burner</i>.
4	Lingkungan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu diarea <i>pouring</i> yang cukup panas yang disebabkan karena ventilasi udara pada area <i>pouring</i> banyak yang tertutup debu sehingga udara yang berada di dalam tidak bisa keluar secara maksimal.

(Sumber: Brainstorming, 2018)

4.4. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk melihat proses bagian mana yang paling dominan menghasilkan kegagalan dalam menghasilkan produk. Berdasarkan diagram *fishbone* yang telah dibuat untuk mengetahui penyebab kegagalan, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah membuat tabel FMEA yang berfungsi untuk memberikan pembobotan pada nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* berdasarkan potensial efek kegagalan, dan proses kontrol saat ini untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

4.4.1. Identifikasi Potential Failure Mode (Kegagalan Potensial)

Tujuan dilakukannya identifikasi *potential failure mode* (kegagalan potensial) adalah untuk mengidentifikasi proses yang memiliki potensi kegagalan. Adapun proses yang berpotensi gagal dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. *Potential Failure Mode* pada Proses *Foundry* Produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*

No	Proses	<i>Potential Failure Mode</i>
1	<i>Foundry</i>	<i>Bad Core (BCR)</i>

(Sumber: Pengolahan Data)

4.4.2. Identifikasi *Failure Effect* (Efek Kegagalan)

Setelah diketahui *potential failure mode* (kegagalan potensial) yang dapat berpengaruh pada terjadi produk *reject*, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi *failure effect* (efek kegagalan) dari setiap kegagalan proses. Hal ini bertujuan agar dapat menentukan nilai *severity*. *Failure effect* yaitu efek-efek dari kegagalan yang dapat berpengaruh terhadap proses berikutnya atau pelanggan. Dengan mengidentifikasi *failure effect* (efek kegagalan) maka akan diketahui kegagalan dari setiap proses. *Failure effect* (efek kegagalan) untuk setiap kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. *Failure Effect* pada Proses *Foundry* Produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*

No	Proses	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1	<i>Foundry</i>	<i>Bad Core (BCR)</i>	<i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> tidak dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya (<i>Machining</i>) kemudian menjadi <i>scrap</i> dan harus dilebur kembali.

(Sumber: *Brainstorming*, 2018)

4.4.3. Penentuan Nilai *Severity*

Severity adalah tingkat keparahan yang ditimbulkan terhadap konsumen maupun pengaruhnya terhadap kelangsungan proses selanjutnya yang juga merugikan. Pemberian nilai *severity* terdiri dari ranking 1 sampai 10. Semakin parah efek yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi, maka semakin tinggi ranking yang diberikan. Penentuan nilai *severity* untuk efek kegagalan pada proses *foundry* untuk produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Nilai *Severity*

No	Failure Effect	Severity	Ranking
1	<i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> tidak dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya (<i>Machining</i>) kemudian menjadi <i>scrap</i> dan harus dilebur kembali.	Sangat tinggi, karena 100% <i>casting reject bad core</i> menjadi <i>scrap</i> dan perlu dilebur kembali	8

Penilaian *severity* tidak dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya (*machining*) dan menjadi *scrap* diberikan nilai 8 karena tingkat keparahannya sangat tinggi. Penentuan nilai *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

4.4.4. Penentuan Nilai *Occurrence*

Occurrence adalah ukuran yang menunjukkan seberapa sering kemungkinan penyebab kegagalan yang terjadi. Nilai *Occurrence* ditentukan untuk mengetahui penyebab masing-masing *reject*. Penentuan nilai *Occurrence* berdasarkan tingkat kegagalan atau jumlah produk cacat per total jumlah produksi. Penentuan nilai *occurrence* untuk masing-masing kegagalan yang terjadi pada proses *foundry* untuk produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Penentuan Nilai *Occurrence*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Tingkat Kegagalan	Occurrence
1	<i>Bad Core</i>	Salah dalam pemasangan <i>core</i> ke <i>mould</i>	$35/1.541 = 0,02$	7
		Waktu standar pemanasan <i>core</i> yang ditetapkan hanya 5 menit	$35/1.541 = 0,02$	7
		Jadwal pembersihan rel konfeyor tidak berjalan secara efektif	$35/1.541 = 0,02$	7
		Jadwal pembersihan saluran <i>burner</i> tidak berjalan secara efektif	$35/1.541 = 0,02$	7
		Ventilasi udara di area <i>pouring</i> banyak yang tertutup debu	$35/1.541 = 0,02$	7

(Sumber: *Brainstorming*, 2018)

4.4.5. Identifikasi Pengendalian Proses

Setelah mengetahui nilai *occurrence*, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi pengendalian proses. Pengendalian proses merupakan

pengendalian yang dapat mencegah terjadinya kegagalan potensial atau mendeteksi terjadinya penyebab kegagalan yang terjadi. Pengendalian proses untuk masing-masing penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Pengendalian Proses pada Proses *Foundry*

No	Jenis Kegagalan	<i>Current Control</i>	Penyebab Kegagalan
1	<i>Bad Core</i>	Melakukan pengecekan <i>core</i> setelah <i>core</i> terpasang	Salah dalam pemasangan <i>core</i> ke <i>mould</i>
		Melakukan <i>trial</i> proses pemanasan <i>core</i> dan melakukan evaluasi hasil <i>trial</i> yang dilakukan	Waktu standar pemanasan <i>core</i> yang ditetapkan hanya 5 menit
		Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Jadwal pembersihan rel konfeyor tidak berjalan secara efektif
		Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Jadwal pembersihan saluran <i>burner</i> tidak berjalan secara efektif
		Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Ventilasi udara di area <i>pouring</i> banyak yang tertutup debu

(Sumber: *Brainstorming*, 2018)

4.4.6. Penentuan Nilai *Detection*

Detection adalah peningkat yang menunjukkan seberapa telitinya alat deteksi yang digunakan. *Detection* berupa angka dari 1 sampai 10, dimana 1 menunjukkan sistem deteksi dengan kemampuan tinggi, sedangkan 10 menunjukkan sistem deteksi dengan kemampuan rendah. Dimana penentuan nilai *Detection* berdasarkan hasil diskusi oleh pihak perusahaan. Nilai *Detection* untuk masing-masing penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Penentuan Nilai *Detection*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Tingkat Kesulitan	<i>Detection</i>
1	<i>Bad Core</i>	Salah dalam pemasangan <i>core</i> ke <i>mould</i>	Sangat rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	7
		Waktu standar pemanasan <i>core</i> yang ditetapkan hanya 5 menit	Sedikit terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	8
		Jadwal pembersihan rel konfeyor tidak berjalan secara efektif	Rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	6
		Jadwal pembersihan saluran <i>burner</i> tidak berjalan secara efektif	Rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	6
		Ventilasi udara di area <i>pouring</i> banyak yang tertutup debu	Rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	6

(Sumber: *Brainstorming*, 2018)

4.4.7. Menghitung Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah menentukan nilai-nilai skala untuk masing-masing variabel diatas dari setiap penyebab kegagalan. Maka proses penghitungan dengan menggunakan pendekatan FMEA ini dapat dilakukan. Hasil yang didapatkan dari proses perhitungan ini adalah untuk mengetahui nilai RPN dari masing-masing penyebab kegagalan. Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian dari *severity* x *occurrence* x *detection*, hasil perhitungan nilai RPN dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Penentuan Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Proses	Jenis Kegagalan	Efek Kegagalan	Severity	Penyebab Kegagalan	Occurance	Current Control	Detection	RPN
68 Foundry <i>Casting Bracket Trunion BT1804 mengalami reject bad core</i>	Tidak dapat dilanjutkan ke proses <i>machining</i> dan <i>casting</i> menjadi <i>scrap</i>	8	Salah dalam pemasangan <i>core</i> ke <i>mould</i>	7	Melakukan pengecekan <i>core</i> setelah <i>core</i> terpasang	7	392	
			Waktu standar pemanasan <i>core</i> yang ditetapkan hanya 5 menit	7	Melakukan <i>trial</i> proses pemanasan <i>core</i> dan melakukan evaluasi hasil <i>trial</i> yang dilakukan	8	448	
			Jadwal pembersihan rel konfeyor tidak berjalan secara efektif	7	Melakukan pengawasan dan brefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	6	336	
			Jadwal pembersihan saluran <i>burner</i> tidak berjalan secara efektif	7	Melakukan pengawasan dan brefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	6	336	
			Ventilasi udara di area <i>pouring</i> banyak yang tertutup debu	7	Melakukan pengawasan dan brefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	6	336	

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh untuk masing-masing penyebab kegagalan pada *reject bad core*, kemudian diurutkan mulai dari yang terbesar hingga terkecil. Pada urutan pertama dengan nilai RPN 448, penyebab kegagalannya adalah waktu standar yang digunakan untuk proses pemanasan *core* hanya 5 menit, selanjutnya diurutan kedua dengan nilai RPN 392, penyebab kegagalannya adalah Salah dalam pemasangan *core* ke *mould*, kemudian diurutan ketiga, keempat, dan kelima dengan nilai RPN 336, penyebab kegagalannya adalah kurang efektifnya jadwal pembersihan rel konfeyor, saluran *burner* yang sudah ditetapkan, dan ventilasi udara di area *pouring* banyak yang tertutup debu.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis masalah merupakan suatu cara atau teknik untuk mempelajari dan memperinci sebuah permasalahan sehingga masalah tersebut dapat terselesaikan dengan baik serta memberikan perbaikan berkelanjutan.

5.1. Analisis Diagram Pareto

Berdasarkan hasil perhitungan diagram pareto yang pada Gambar 4.4, diketahui bahwa *reject* yang paling dominan pada *Casting Bracket Trunion BT1804* adalah *reject bad core*. Oleh karena itu, *reject bad core* menjadi fokus utama permasalahan untuk dilakukan perbaikan agar *potential failure* pada proses produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* dapat diketahui.

5.2. Analisis Peta Kendali P

Setelah mendapatkan hasil dari penentuan prioritas perbaikan pada diagram pareto, maka langkah selanjutnya adalah membuat analisis peta kendali untuk mengetahui kinerja proses produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*. Setelah dilakukan perhitungan peta kendali p pada tabel 4.4, diketahui bahwa terdapat data yang melebihi batas kendali (*out of control*) yaitu pada data ke-2 dan 22. Peta kendali p menunjukkan bahwa data ke-2 dengan nilai $CL = 0,0584$; $UCL = 0,2035$; $LCL = -0,0867$ dan data ke-22 dengan nilai $CL = 0,0584$; $UCL = 0,1669$; $LCL = -0,0501$, karena terdapat proses yang berada diluar batas kendali, maka dilakukan revisi peta kendali p dengan menghilangkan hasil pengamatan ke-2 dan 22 dan melakukan perhitungan kembali garis pusat, batas pengendali atas, serta batas pengendali bawah. Setelah melakukan perhitungan dan membuat peta kendali p yang telah direvisi, didapatkan semua data sudah berada didalam batas kendali atas dan batas kendali bawah, namun masih terdapat beberapa data yang mendekati batas kendali. Peta kendali tidak berakhir ketika variasi yang berada diluar batas kendali sudah dihilangkan, pada peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804* yang telah dibuat menunjukkan adanya pola variasi yang tidak stabil. Penyebab-penyebab yang dapat mengakibatkan pola variasi tersebut antara

lain yaitu kondisi operator, perubahan settingan mesin, metode yang tidak sesuai standar, dan kondisi lingkungan kerja. Dari penyebab tersebut akhirnya menimbulkan pengaruh pada *output* dan kualitas *Casting Bracket Trunion BT1804*. Untuk itu perlu dilakukan kajian yang menyeluruh terhadap proses produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*.

5.3. Analisis Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* digunakan untuk menganalisis apa saja penyebab kegagalan yang terjadi pada masing-masing jenis kegagalan sehingga mempermudah perusahaan untuk meminimasi kegagalan yang terjadi agar jumlah *casting reject* menjadi berkurang. Hasil analisis menggunakan diagram *fishbone* yaitu sebagai berikut:

1. Faktor Manusia

Core pecah saat penggabungan *mould drag* dan *mould cope*, sehingga ketika *mould drag* dan *mould cope* digabungkan *mould drag* tertekan oleh *mould cope*, dikarenakan salah dalam pemasangan *core* ke *mould*.

2. Faktor Metode

Jika dilihat secara visual *core* sudah matang, namun setelah *core* dibelah ternyata ketebalan dinding *core* dibawah standar (aktual 7,00mm) sedangkan standar minimum yang ditetapkan adalah 10,00mm, ini dikarenakan waktu standar proses pemanasan *core* hanya 5 menit.

3. Faktor Mesin

Adanya cecutan cairan metal yang mengeras pada rel konveyor sehingga jalannya *mould* saat masuk area *pouring* bergetar, hal ini disebabkan karena kurang efektifnya jadwal pembersihan area rel konveyor, dan faktor penyebab lain adanya penyumbatan pada saluran *burner* sehingga *core* tidak matang secara keseluruhan, hal ini disebabkan oleh kurang efektifnya jadwal pembersihan saluran *burner*.

5.4. Analisis *Risk Priority Number (RPN)*

Berdasarkan perhitungan *Risk Priority Number (RPN)* pada tabel 4.13 yang diperoleh dari hasil pengolahan data untuk nilai RPN masing-masing

penyebab kegagalan pada *reject bad core* dengan nilai RPN tertinggi penyebab kegagalannya adalah waktu standar yang digunakan untuk proses pemanasan *core* hanya 5 menit dengan nilai RPN-nya sebesar 448. Untuk itu penyebab kegagalan inilah yang menjadi fokus dilakukan perbaikan terlebih dahulu, namun dengan catatan PT Bakrie Autoparts harus tetap melakukan perbaikan terhadap jenis *reject* lainnya dalam proses *foundry*.

5.5. Rencana Perbaikan

Setelah dilakukan analisis terhadap permasalahan yang menjadi kendala bagi perusahaan, tahap selanjutnya adalah melakukan rencana perbaikan. Pada tahap ini tedapat usulan-usulan perbaikan untuk mengatasi permasalahan yang ada, kemudian diimplementasikan dalam proses produksi yang dijalankan oleh perusahaan.

Metode yang digunakan untuk rencana perbaikan yaitu, metode 5W+1H. Penggunaan metode 5W+1H ini untuk mengumpulkan informasi dan menganalisa permasalahan yang terjadi sehingga kita dapat mengambil solusi yang tepat untuk mengatasinya. Analisis 5W+1H untuk usulan perbaikan penyebab kegagalan *Casting Bracket Trunion BT1804* pada proses *foundry* dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Usulan perbaikan 5W+1H

Proses	Faktor	What (Penyebab)	How (Rencana Perbaikan)	Why (Tujuan)	Where (Lokasi)	When (Waktu)	Who (Penanggung Jawab)
Foundry	Metode	Waktu standar pemanasan <i>core</i> yang ditetapkan hanya 5 menit	Melakukan <i>trial</i> proses pemanasan <i>core</i> dengan waktu 6 menit, 7 menit dan melakukan evaluasi hasil <i>trial</i> yang dilakukan	Untuk menentukan waktu standar yang tepat dalam proses pemanasan <i>core</i>	Plant Foundry	Minggu 1 bulan Juni 2018	Engineering dan Foreman <i>core making</i>
	Manusia	Salah dalam pemasangan <i>core</i> ke <i>mould</i>	Melakukan pengecekan <i>core</i> setelah <i>core</i> terpasang pada <i>mould drag</i> dan <i>mould cope</i> setelah <i>joint mould</i>	Agar tidak terjadi <i>crash</i> antara <i>mould drag</i> dan <i>mould cope</i> setelah <i>joint mould</i>	Plant Foundry	Setiap melakukan proses produksi	Foreman produksi
	Mesin	Jadwal pembersihan rel konfeyor tidak berjalan secara efektif	Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Agar area <i>pouring</i> khususnya rel konfeyor diarea tersebut bersih dari cairan metal sehingga jalannya <i>mould</i> tidak bergetar	Plant Foundry	Minggu 1 bulan Juni 2018	Foreman produksi
		Jadwal pembersihan saluran <i>burner</i> tidak berjalan secara efektif	Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Agar kebersihan saluran <i>burner</i> terjaga dan suhu panas <i>core box</i> tetap terjaga sesuai suhu yang telah ditentukan	Plant Foundry	Setiap pergantian <i>shift</i>	Foreman <i>core making</i>

(Lanjut...)

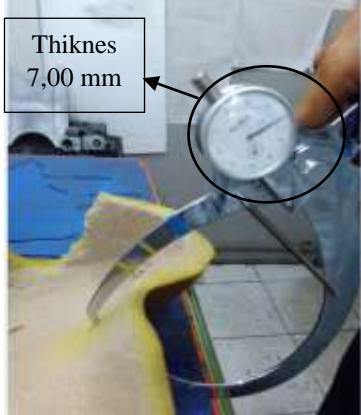
Tabel 5.1. Usulan perbaikan 5W+1H (Lanjutan)

Proses	Faktor	What (Penyebab)	How (Rencana Perbaikan)	Why (Tujuan)	Where (Lokasi)	When (Waktu)	Who (Penanggung Jawab)
Foundry	Lingkungan	Ventilasi udara di area <i>pouring</i> banyak yang tertutup debu	Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Agar kebersihan ventilasi udara area <i>pouring</i> terjaga sehingga udara dapat bertukar secara maksimal	Plant Foundry	Setiap 1 minggu	<i>maintenance</i>

(Sumber: Hasil *Brainstorming* 2018)

Setelah dilakukan rencana perbaikan dengan menggunakan metode 5W+1H berdasarkan hasil perhitungan nilai RPN yang tertinggi. Selanjutnya adalah mengimplementasikan hasil perbaikan yang telah direncanakan. Hasil implementasi dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Implementasi perbaikan *reject bad core* pada *Casting Bracket Trunion BT1804*

Implementasi Perbaikan <i>reject bad core</i> pada <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>		
Sebelum perbaikan	Perbaikan	Implementasi perbaikan
 <p>Salah dalam pemasangan <i>core</i> ke <i>mould</i></p>	<p>Melakukan pengecekan <i>core</i> setelah <i>core</i> terpasang pada <i>mould drag</i> dan menekan <i>core</i> area depan setelah terpasang pada <i>mould</i></p>	 <p>Permukaan <i>core</i> rata dengan <i>mould drag</i></p>
 <p>Waktu standar pemanasan <i>core</i> hanya 5 menit</p>	<p>Melakukan <i>trial</i> proses pemanasan <i>core</i> dengan waktu 6 menit, 7 menit dan melakukan evaluasi hasil <i>trial</i> yang telah dilakukan</p>	 <p>Setelah dilakukan perbaikan dengan proses pemanasan selama 7 menit didapatkan ketebalan yaitu 10,06 mm (Standar min 10,00mm)</p>

(Sumber: Hasil Brainstorming 2018)

(Lanjut..)

Tabel 5.2. Implementasi perbaikan *reject bad core* pada *Casting Bracket Trunion BT1804* (Lanjutan)

Implementasi Perbaikan <i>reject bad core</i> pada <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i>		
Sebelum perbaikan	Perbaikan	Implementasi perbaikan
 <p>Jadwal pembersihan saluran <i>burner</i> tidak berjalan secara efektif</p>	<p>Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja</p>	 <p>Kebersihan saluran <i>burner</i> terjaga dan suhu panas <i>core box</i> tetap terjaga sesuai suhu yang telah ditentukan</p>
<p>Jadwal pembersihan rel konfeyor tidak berjalan secara efektif</p>	<p>Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja</p>	<p>Area <i>pouring</i> khususnya rel konfeyor di area tersebut bersih dari cairan metal sehingga jalannya <i>mould</i> tidak bergetar</p>
<p>Ventilasi udara di area <i>pouring</i> banyak yang tertutup debu</p>	<p>Melakukan pengawasan dan <i>briefing</i> tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja</p>	<p>Kebersihan ventilasi udara area <i>pouring</i> terjaga sehingga udara dapat bertukar secara maksimal</p>

(Sumber: Hasil Brainstorming 2018)

Setelah dilakukan rencana perbaikan, selanjutnya dilakukan pengontrolan hasil perbaikan. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat keberhasilan yang diperoleh dari perbaikan yang telah dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah dilakukannya perbaikan.

1. Perkembangan data *reject Casting Bracket Trunion BT1804*

Data *reject Casting Bracket Trunion BT1804* yang digunakan adalah data pada bulan Juni 2018, dimana pada bulan tersebut sedang dilakukan tindakan perbaikan. Data *reject Casting Bracket Trunion BT1804* dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Jumlah *reject Casting Bracket Trunion BT1804* setelah perbaikan

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (unit)	Reject Item (unit)									Jumlah <i>Reject</i> (unit)	
			<i>Sand Inclusion</i>	<i>Scabbing\</i>	<i>Gas Hole</i>	<i>Shrinkage</i>	<i>Missrun</i>	<i>Crash</i>	<i>Broken Casting</i>	<i>Mould Retak</i>	<i>Bad Mould</i>		
1	1-Jun-18	55										1	1
2	2-Jun-18	44			2							3	5
3	3-Jun-18	24			1			1					2
4	4-Jun-18	71			1		2					4	7
5	5-Jun-18	30										1	1
6	6-Jun-18	15											0
7	7-Jun-18	67								1		1	
8	8-Jun-18	73										1	1
9	9-Jun-18	6										1	1
10	21-Jun-18	76										4	4
11	22-Jun-18	62										1	1
12	23-Jun-18	30					1						1
13	24-Jun-18	14											0
14	25-Jun-18	16					1					1	2
15	26-Jun-18	37	1						1		1		3
17	28-Jun-18	55										2	2
18	29-Jun-18	6											0
Total		681	1	0	4	0	4	1	1	0	2	19	32

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa adanya penurunan jumlah *reject bad core* yang signifikan pada *Casting Bracket Trunion BT1804*, yang sebelumnya sebanyak 35 unit setelah dilakukan perbaikan *reject bad core* turun menjadi 19 unit.

2. Peta kendali p setelah perbaikan

Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali untuk data atribut yaitu peta kendali p untuk jumlah data yang tidak sama setiap periode. Sebagai bahan evaluasi data yang digunakan pada peta kendali ini yaitu data *reject* bulan Juni 2018 dimana kegiatan perbaikan berakhir. Perhitungan batas kontrol untuk peta kendali p mengikuti rumus 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 adalah sebagai berikut:

a) Menentukan bagian proporsi bagian yang ditolak

$$p = \frac{np}{n} = \frac{1}{55} = 0,0182$$

Data pengamatan ke-1:

1) Jumlah produk *reject* per subgrup (np) = 1 unit.

2) Jumlah yang diinspeksi per subgrup (n) = 55 unit.

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

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{32}{681} = 0,0469$$

Keterangan: $\sum np$ = Jumlah produk *reject*

$\sum np$ = jumlah produk yang diinspeksi

c) Menentukan *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL)

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0469 + 3\sqrt{\frac{0,0469(1-0,0469)}{55}} = 0,140$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0469 - 3\sqrt{\frac{0,0469(1-0,0469)}{55}} = -0,046$$

Apabila ditemukan LCL bernilai negatif (-) maka nilai LCL dianggap sama dengan 0 karena proporsi barang cacat didalam sebuah sampel tidak akan pernah bernilai negatif.

Uraian diatas merupakan cara untuk menentukan batas-batas kendali yang digunakan pada peta kendali p untuk hari pengamatan ke-1, begitu pula dengan hari berikutnya dan perhitungannya sama sampai dengan akhir bulan Juni 2018. Perhitungan batas kendali untuk peta kendali p untuk *casting Bracket Trunion BT1804* setelah perbaikan pada proses *foundry* dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Perhitungan peta kendali p setelah perbaikan

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (unit)	Jumlah <i>Reject</i> (unit)	Proporsi (p)	Control Limit (CL)	Upper Control Limit (UCL)	Lower Control Limit (LCL)
1	1-Jun-18	55	1	0,018	0,047	0,140	-0,046
2	2-Jun-18	44	5	0,114	0,047	0,148	-0,054
3	3-Jun-18	24	2	0,083	0,047	0,170	-0,076
4	4-Jun-18	71	7	0,099	0,047	0,133	-0,039

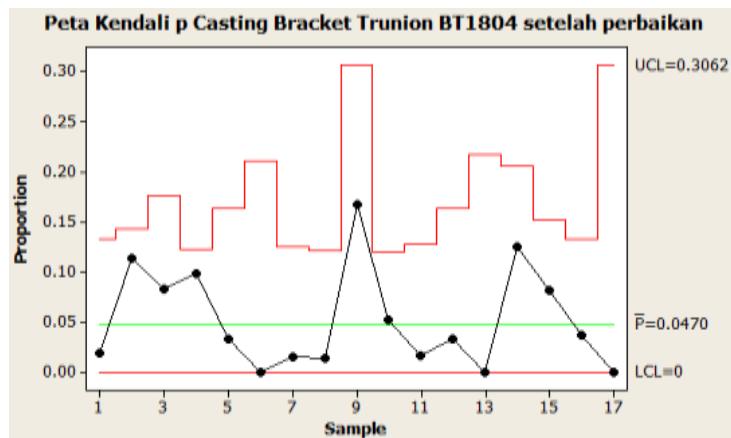
(Lanjut...)

Tabel 5.4. Perhitungan peta kendali p setelah perbaikan (Lanjutan)

No	Tanggal Inspeksi	Jumlah Inspeksi <i>Casting Bracket Trunion BT1804</i> (unit)	Jumlah <i>Reject</i> (unit)	Proporsi (p)	Control Limit (CL)	Upper Control Limit (UCL)	Lower Control Limit (LCL)
5	5-Jun-18	30	1	0,033	0,047	0,161	-0,067
6	6-Jun-18	15	0	0,000	0,047	0,191	-0,097
7	7-Jun-18	67	1	0,015	0,047	0,134	-0,040
8	8-Jun-18	73	1	0,014	0,047	0,132	-0,038
9	9-Jun-18	6	1	0,167	0,047	0,242	-0,148
10	21-Jun-18	76	4	0,053	0,047	0,131	-0,037
11	22-Jun-18	62	1	0,016	0,047	0,137	-0,043
12	23-Jun-18	30	1	0,033	0,047	0,161	-0,067
13	24-Jun-18	14	0	0,000	0,047	0,194	-0,100
14	25-Jun-18	16	2	0,125	0,047	0,188	-0,094
15	26-Jun-18	37	3	0,081	0,047	0,154	-0,060
16	28-Jun-18	55	2	0,036	0,047	0,140	-0,046
17	29-Jun-18	6	0	0,000	0,047	0,242	-0,148

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 5.4, selanjutnya data dimasukan kedalam aplikasi minitab untuk dibuat peta kendali p. peta ini berguna untuk melihat lebih jelas mengenai data yang masih berada dalam batas kendali maupun data yang melebihi batas kendali. Peta kendali p dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Peta kendali p *Casting Bracket Trunion BT1804* setelah perbaikan
(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan Gambar 5.1 peta kendali p, diketahui bahwa semua data sudah berada dalam batas kendali. Namun, pada peta kendali p produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* ada beberapa data yang memiliki kecenderungan

melewati batas kendali, itu artinya masih ada kemungkinan bahwa tindakan perbaikan yang dilakukan masih belum diterapkan sepenuhnya secara maksimal.

3. Perhitungan nilai DPMO setelah perbaikan

Perhitungan nilai *sigma* produk dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus perhitungan *sigma* yang telah baku, dan dibantu menggunakan tabel nilai *sigma*. Hasil dari data atribut akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defect per Million Oppurtunities*). *Level sigma* merupakan hasil konveksi dari nilai DPMO ke dalam tabel *sigma*. Perhitungan DPMO dan nilai *sigma* proses *foundry* pada *Casting Bracket Trunion BT1804* mengikuti rumus 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan DPMO

a) *Unit* (U)

Jumlah produk yang diperiksa pada bulan Juni 2018 adalah sebesar 681 unit.

b) *Opportunities* (OP)

Berdasarkan jenis *reject*-nya, terdapat sepuluh jenis *reject* yaitu, *sand inclusion, scabbing, gas hole, shrinkage, missrun, crash, broken casting, mould retak, bad mould, dan bad core*. Hal ini merupakan sebuah kesempatan terjadinya *defect/reject* pada setiap unit produk yang dihasilkan.

c) *Defect* (D)

Jumlah *reject* periode bulan Juni 2018 sebesar 32 unit.

d) *Defect per Unit*

$$\begin{aligned} DPU &= \frac{D}{U} \\ &= \frac{32}{681} = 0,0469 \end{aligned}$$

e) *Total Opportunities* (TOP)

$$\begin{aligned} TOP &= U \times OP \\ &= 681 \times 10 = 6.810 \end{aligned}$$

f) *Defect per opportunities* (DPO)

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

$$= \frac{32}{6810} = 0,00469$$

g) *Defect per Million Opportunities (DPMO)*

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \text{DPO} \times 10^6 \\ &= 0,00469 \times 1.000.000 \\ &= 4.699 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa jumlah cacat per satu juta kesempatan (DPMO) adalah 4.699 unit.

4. Konversi Nilai DPMO ke Nilai *Sigma*

Pada perhitungan sebelumnya, telah didapat nilai DPMO untuk *Casting Bracket Trunion BT1804*, sebesar 4.992 cacat. Berikut adalah perhitungan nilai *sigma* berdasarkan konsep motorola.

$$\begin{aligned} \frac{5085-4940}{5085-4992} &= \frac{4,07-x}{x-4,08} \\ \frac{145}{93} &= \frac{4,07-x}{x-4,08} \\ 145(x-4,08) &= 93(4,07-x) \\ 145x - 591,6 &= 378,51 - 93x \\ 145x + 93x &= 378,51 + 591,6 \\ 238x &= 970,11 \\ x &= \frac{970,11}{238} \\ x &= 4,076 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, *level sigma* yang diperoleh setelah dilakukan perbaikan sebesar 4,076. Nilai DPMO dan *level sigma* sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Perbandingan DPMO dan *level sigma*

No	Baseline Kinerja	Nilai		Selisih	Ket
		Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan		
1	DPMO	5.840 unit	4.699 unit	1.141 unit	Turun
2	<i>Level sigma</i>	4,028	4,076	0,048	Naik

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 5.5, nilai DPMO dan *level sigma* yang diperoleh perusahaan setelah dilakukan perbaikan mengalami penurunan DPMO sebesar 1.141 unit dan mengalami kenaikan *level sigma* sebesar 0,048.

5. Tabel dokumentasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Pendokumentasian FMEA didasarkan pada hasil pengolahan data dengan menggunakan metode FMEA dan rencana perbaikan untuk nilai RPN tertinggi. Fungsi tabel ini adalah sebagai pendokumentasian pengolahan data penyebab kegagalan yang paling berpengaruh. Pendokumentasian *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat dilihat pada Lampiran C.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

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

1. Jenis *reject* yang paling dominan pada proses produksi *Casting Bracket Trunion BT1804* adalah *reject bad core* sebanyak 35 unit dengan persentase sebesar 38,9%. Dari hasil analisis dengan diagram *fishbone* diperoleh penyebab-penyebab yang mempengaruhi munculnya *reject bad core*, penyebab-penyebab tersebut yaitu waktu standar pemanasan *core* yang ditetapkan hanya 5 menit, salah dalam pemasangan *core* ke *mould*, jadwal pembersihan rel konveyor tidak berjalan secara efektif, jadwal pembersihan saluran *burner* tidak berjalan secara efektif, dan ventilasi udara di area *pouring* banyak yang tertutup debu.
2. Dari hasil perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk penyebab munculnya *reject bad core* dengan nilai RPN 448 penyebab kegagalannya adalah waktu standar yang digunakan untuk proses pemanasan *core* hanya 5 menit, dengan nilai RPN 392 penyebab kegagalannya adalah salah dalam pemasangan *core* ke *mould*, dengan nilai RPN 336 penyebab kegagalannya adalah kurang efektifnya jadwal pembersihan rel konveyor, saluran *burner* yang sudah ditetapkan, dan ventilasi udara di area *pouring* banyak yang tertutup debu.
3. Tindakan perbaikan yang dilakukan untuk penyebab kegagalan berdasarkan nilai RPN terbesar adalah dengan melakukan *trial* proses pemanasan *core* dengan waktu 6 menit, 7 menit kemudian melakukan evaluasi hasil *trial* yang dilakukan, dan didapatkan hasil ketebalan dinding *core* sudah sesuai dengan standar.
4. Perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan pada proses *foundry* untuk produksi *Casting Bracket Trunion BT1804*, diketahui sebelum dilakukan

perbaikan *Casting Bracket Trunion BT1804* memiliki persentase *reject* tertinggi sebesar 5,84%, kemudian setelah dilakukan perbaikan persentase *reject* pada *Casting Bracket Trunion BT1804* turun menjadi 4,69%.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat memberikan masukan untuk perusahaan. Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Pihak manajemen sebaiknya melakukan perbaikan berkelanjutan/*continus improvement* dalam mengeliminasi penyebab kegagalan pada proses *foundry*.
2. Diharapkan pihak manajemen dapat mempertahankan perbaikan yang telah dilakukan dan melakukan pengawasan agar berjalan dengan baik dan berkesinambungan sehingga dapat meningkatkan kualitas proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Dorothea Wahyu. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Besterfeild, D.H. 1995. *Total Quality Management*. Prentice Hall. New Jersey.
- Chrysler LLC. 2008. *Potential Failure Mode and Effect Analysis*. Ford Motor Company. General Motor Corporation.
- Evans, J.R. dan Lindsay, W.M. 2007. *An Introduction to Six Sigma & Process Improvement*. Jakarta. Salemba Empat.
- Feigenbaum, A.V. 1996. *Kendali Mutu Terpadu*, Ed.Ke-2. Jakarta: Erlangga.
- Gaspersz, V. 1998. *Statistical Process Control: Penerapan Teknik-Teknik Statistik Dalam Manajemen Produktivitas Total*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Gaspersz, V. 2002. *Total Quality Management*. Jakarta : Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2001. *Metode Analisis Untuk Peningkatan Kualitas*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- McDermott, Robin. E, dkk. 2009. *The Basic of FMEA* Edisi 2. CRC Press. United States of America.
- Nasution, M.N. 2001. *Manajemen Mutu Terpadu*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Pyzdek, T. 2002. *The Six Sigma Handbook*. Salemba Empat. Jakarta.
- Surdia, T. dan Chijiwa, K. 1976. *Teknik Pengecoran Logam*, Ed.Ke-2, Cetakan ke-7. Jakarta. PT Pradnya Pararnita.
- Surdia, T. dan Chijiwa, K. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta. PT Pradnya Pararnita.

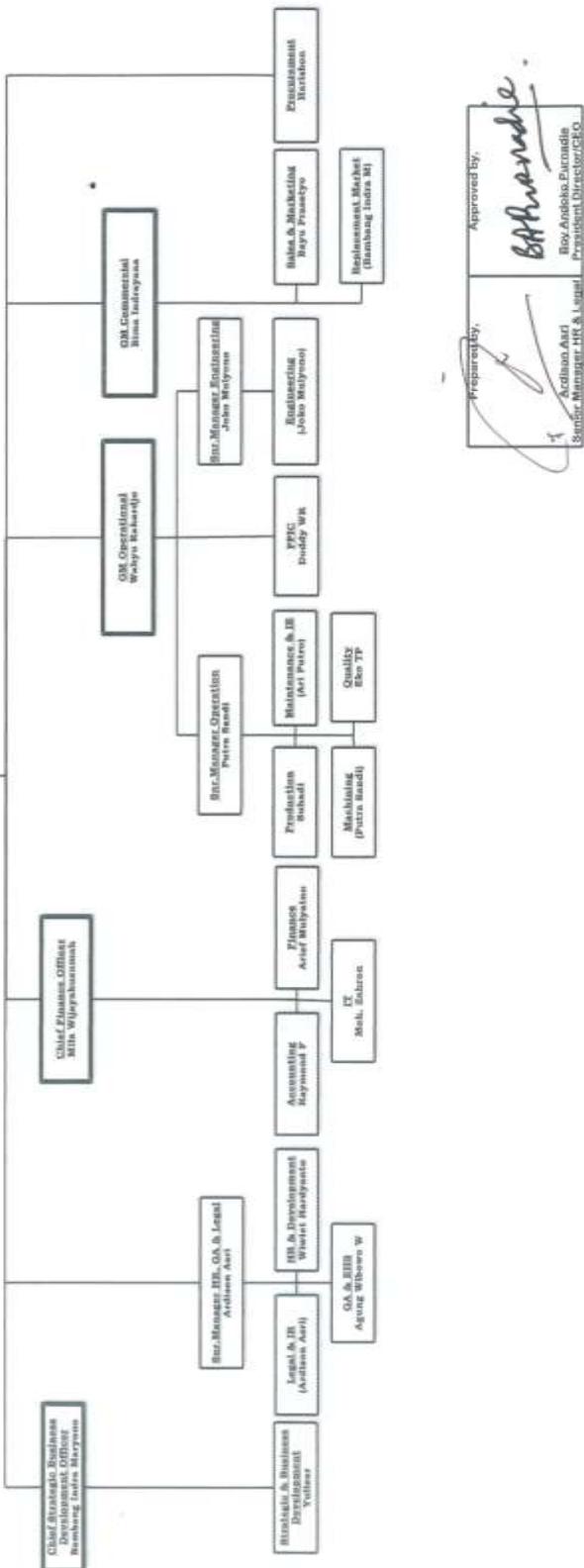
LAMPIRAN A



Organization Structure 2017
PT. BAKRIE AUTOPARTS

Organization Structure 2011

Page 1 of 1
Effective Date: 01 January 2017

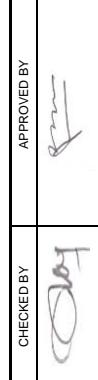
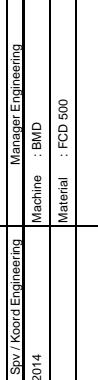
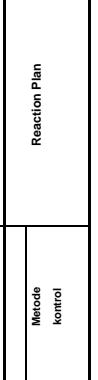


LAMPIRAN B

CONTROL PLAN



No. Dokumen : Form-BT-RP-02-08
Revisi : 00

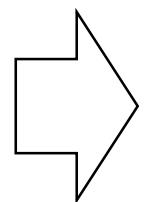
PREPARED BY		CHECKED BY		APPROVED BY			
							
Product engineering		Sup. / Kordinasi		Manager Engineering			
Date / (org) : 12 December 2014		Area / Machine : Plant 2		Machine : BMD			
Customer / Supplier Name : PT. HMMI		Revision \ Date :		Material : FCD 500			
Customer / Appli / Date :							
Part No. : S4941 - EV028							
Control Plan No. : CP - BMD - 1804							
CHARACTERISTICS STANDARD							
Alur Proses	Nama Proses	Mass atau Atas Untuk pembuatan	No	Produk	Proses		
Special Char Class	Produk/proses standar toleransi	Alat pemerkira	Size	Freq	PIC		
Lihat Control Plan Incoming Material CP - BMD - 1804							
1	Incoming material	Lihat Control Plan Incoming Material CP - BMD - 1804					
		1	Casting Drawing	- Original drawing - Posisi Chuck Dan Stopper untuk proses machining - Posisi Parting Line - HINO Standard - Mach Allowance = 2.5 mm	- Visual Inspection -Calculator	- 100%	Drafter
		2	Pattern Drawing	- Penyusutan : -> Horizontal : 0 % -> Vertical : 0 % -Radius Tuang : R3 - Sudut Tuang : < 2° - Core Print Clearance = 0.25 ~ 1.0	- Visual Inspection -Calculator	- 100%	Drafter
2	Tooling Design	Lihat Control Plan Incoming Material CP - BMD - 1804					
		1	1. Computer 2. Printer 3. Calculator	-	-	-	-
		2		-	-	-	-
3	Tooling (Pattern & Core Box) Manufacturing	Lihat Control Plan Incoming Material CP - BMD - 1804					
		1	Visual & Dimensi	- Pattern drawing - Core Box drawing - Layout drawing	- Verner caliper - Depth caliper - Height Gauge - Mal radius	- 100%	Operator
		2	M/C Drilling M/C Milling	-	-	-	Check Sheet
4	Tooling (Pattern & Core Box) Inspection	Lihat Control Plan Incoming Material CP - BMD - 1804					
		1	Appearance	- Permutukan pattern tidak rongpal	- Visual Inspection	- 100%	QC Pattern
		2	Dimensi	- Drawing	- Verner caliper - Depth gauge - Height Gauge	- 100%	Dimension Report
5	Patt & Core Box Preparation	Lihat Control Plan Pattern Preparation Pattern Preparation - BMD CP - BMD - 01					
		1		- Dimension Report - Pattern & Core Box Assembling	- Repair	- Repair	
		2		-	-	-	

Patt & Core Box Preparation							Lihat Control Plan Core Box Preparation & Coe Box Preparation CP-PD-CBP-03								
Alur Proses	Nama Proses	Menginat atau Aturan pembuatan	No	Produk	Proses	Spesifikasi Char Class	METHODS			Sampling			Motode kontrol		
							Produk/proses standar toleransi	Alat pemeriksa	Size	Freq	PC	Gratik	Gratik	Gratik	
Sand Plant	Bracket Trunnion	Key Contact / Phone	1.	Turbo Mixer	Moisture	3.6 ~ 5.3 %		Moisture tester	1	Jam	Sand tester	Gratik	- Lebih kecil dari std maka ditambah air	Machine : BMD	
	Part No.	Core Team	2.	Permeability		100 ~ 200 cc/cm ²		Perm. Tesier	1	Jam	Sand tester	Gratik	- Lebih besar dari std maka kurangi air	Material : FCD 500	
	BTN No.	Control Plan No.	3.	Compactability		35 ~ 50 %		Comp. Tester	1	Jam	Sand tester	Gratik	- Lebih kecil dari std maka tambah pasir baru		
			4.	Compressive Strength		18 ~ 30 lbf/inch ²		Comp. Str. tester	1	Jam	Sand tester	Gratik	- Lebih besar dari std maka (+) bentonite		
			5.	Active Clay		8.0 ~ 11.0 %		Milikan blue	1	Day	Sand Analyst	Record	- Lebih kecil dari std maka (+) bentonite		
			6.	Lost Of Ignition		Max 6.0%		Muffle Furnace	1	Day	Sand Analyst	Record	- Lebih besar dari std maka (+) secoal		
			7.	Dead day		Max. 3.0 %		Timbangan	1	Day	Sand Analyst	Record	- Lebih besar dari std maka setting hisapan, dust collector menjadi lebih besar.		
			8.	AFS		55 ~ 65 %		AFS tester	1	Day	Sand Analyst	Record	- Lebih kecil dari std maka tambah pasir kasar		
			9.	Mixing time		100 ~ 130 detik		Layar monitor	1	Batch	Operator	Setting time	- Lebih besar maka tambah pasir halus		
			10.	Visual pasir		Tidak menggumpal		Visual	1	Awal shift	Operator	-	- Terjadi gumpalan pasir maka lapor maintenance		
			11.			Tidak ada metal dan kotoran		Visual	1	Awal shift	Operator	-	- Lapor Maint untuk check magnetic dan screener		
						- Temperature pasir masuk ke mixer		Maximal 42 °C		Indikator temp.	1	Shift	Operator	Record	- Lebih kecil dari std maka ditambah air atau perbaiki sand cooler

Nama Produk : Bracket Trunnion				Key Contact / Phone : Joko M / ext. 132				Customer/Supplier Name : PT. HMMI				Date (org.) : 12 December 2014		Machine : BMD		
Part No. : S4041 - EW028				Core Team : Prod-Quality/PE/PPIC/Maint.				Customer Appv/Date :				Area / Machine :		Material : FCD 500		
BT No. : 1804				Control Plan No. : CR - BMD - 1804				Revision Date :				Revision Date :		Revision Date :		
CHARACTERISTICS STANDARD				METHODS				Sampling				Mode kontrol		Reaction Plan		
Alur Proses	Nama Proses	Mesin atau Alat Untuk pembuatan	No	Produk	Proses	Special Char Class	Produk/proses standar toleransi	Alat pemeriksa	Size	Freq	PIG	Analyst	Print out spectrometer	- Adjustment & recheck		
9	Melting	1 Komposisi basa metal					- C = 3.80 ~ 3.85 % - Si = 1.85 ~ 1.95 % - Mn = 0.35 ~ 0.40 % - P = max 0.10 % - S = max 0.02 % - Cu = 0.45 ~ 0.50 %	Spectrometer	1	Batch						
		1. Furnace														
		2. Crane														
		3. Timbangan														
		2 Cairan Bersih					Berasa dari kotoran atau slag	Visual Inspection	-	100%	Operator	-				
		3 Tapping temperature					1560 ~ 1580 °C	Thermo couple	1	Ladle	Operator	- Check sheet				
		1. Ladle 400 kg					1430°C - 1450°C	Thermocouple	1	First Mould	Operator	- Check sheet				
		2. Caunting											- Dikurangi standar : temp. dinatalkan dengan menurunkan power furnaces			
		3. Crane											- Dikurangi standar : di holding dengan menurunkan standar . di kembalikan ke furnace			
10	Pouring	1 Pouring temperature					- C = 3.50 ~ 4.20 % - Si = 2.00 ~ 2.30 % - Mn = Max 0.80 % - P = max 0.10 % - S = max 0.02 % - Mg = 0.02 ~ 0.06 % (HINO STD - HS G 5050)	Spectrometer	1	Batch	Analyst	- Check sheet				
		2 Komposisi Ladle					- C = 3.50 ~ 4.20 % - Si = 2.70 ~ 2.80 % - Mn = 0.35 ~ 0.40 % - P = max 0.10 % - S = max 0.02 % - Cu = 0.45 ~ 0.50 % - Mg = 0.03 ~ 0.05 %	Spectrometer	1	Batch	Analyst	- Check sheet				
		3 Pouring time					12 ~ 18 Detik	Stopwatch	1	Mould	Operator	- Check sheet				
		4 Feeding Time					Max 360 detik setelah proses Mg Treatment	Stopwatch	1	Ladle	Operator	- Check sheet				
		5 Cooling Time					Min 45 menit	Stopwatch	1	Mould	Operator	- Check sheet				
		6 Berat metal car / ladle					440 Kg	- Timbangan - Takaran	1	Ladle	Operator	- Check sheet				
		7 Jumlah Inkotilan,					1.680 gram (0.4 % dari berat metal car)	Timbangan	-	100%	Operator	- Check sheet				
		8 Jumlah Mg Treatment					6.160 gram (1.4% dari metal car)	Timbangan	-	100%	Operator	- Check sheet				
		9 Jumlah Steel Scrap					4.400 gram (1.0 % dari metal car)	Timbangan	-	100%	Operator	- Check sheet				

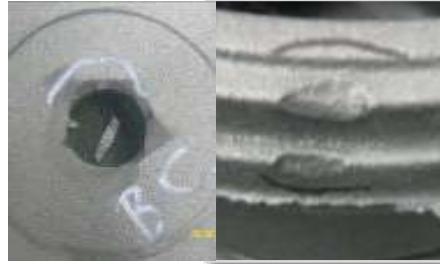
Nama Produk : Bracket Trunnion				Key Contact / Phone : Joko M / ext. 132				Customer/Supplier Name : PT. HMMI				Date (orig.) : 12 December 2014				Machine : BMD																	
Part No. : S4041 - EW028				Core Team : Prod-Quality,PE,PPIC,Maint.				Customer Appv/Date :				Area / Machine :				Material : FCD 500																	
BT No. : 1804				Control Plan No. : CP - BMD - 1804				Revision \ Date :																									
CHARACTERISTICS STANDARD								METHODS				Sampling				Reaction Plan																	
Alur Proses	Nama Proses	Mesin atau Alat Untuk pembuatan	No	Produk	Proses	Special Char Class	Produk/proses standar toleransi	Alat pemeriksa	Size	Freq	PIG	Mode kontrol																					
Trimming	10 Cairan Bersih	- Bebas dari kotoran atau slag				Visual Inspection				100%	Operator	-	- Staging ulang hingga bersih																				
		- Teknik Inokulasi				Visual Inspection				100%	Operator	-	- Reject																				
		- Proses Mg-Treatment				Visual Inspection				100%	Operator	-	- Didutup secara merata																				
		- Pemahasan Ladle				Stopwatch				1	Day	Operator	- Pemasukan kembali dg metal cast																				
		- Jumlah Mould / ladle				4 mould / ladle				100%	Operator	- Check Sheet	- Sisa metal dibuang di starting block																				
	Lihat Control Plan Trimming CP - BMD - 07																																
	Lihat Control Plan Shot Blasting CP - BMD - 08																																
	Shot Blast	- Product mark (BT Logo, Prod. number, Cavity number)				Visual Inspection				1	Operator QC	Check Sheet	- Direct																				
		- Pemukulan Casting bebas cacat : Gt, BC, Sdg, SI				Microscope				10 batch	Analyst	Check Sheet	- Reject & Lapor Ke Koord Labor																				
		- Graphite size = 5 - 7				- Reject & Lapor Ke Koord Labor							- Direct																				
		- Graphite form = V				- Reject & Lapor Ke Koord Labor							- Reject & Lapor Ke Koord Labor																				
		- Graphite size = Max 5 % - Cementite = Min 40% - Matrix pearlite = Min 80 % - Spheroidizing = Min 80 %				- Reject & Lapor Ke Koord Labor							- Reject & Lapor Ke Koord Labor																				
Hard Inspect	3 Mechanical Properties				- Hardness = 156 ~ 239 HB				- Hardness tester				- TS Test m/c																				
	4 Berat Casting				- Tensile Strength = Min 300 (Mpa) - Elongation = Min 7 %				- TS Test m/c				- Reject & Lapor Ke Koord Labor																				
	5 Berat/Mould				78 ± 1.0 Kg				- Timbangan				- Reject & Lapor Ke Koord Labor																				
	6 Berat/Unit				110±5.0Kg				- Timbangan				- Rejected																				
	7 Berat/Repair				- Pattern				- Operator				- Accept																				
Lihat Control Plan Finishing CP - BT - 04																																	
Lihat Control Plan Final Inspect CP - BT - 03																																	
Lihat Control Plan Despatch CP - BT - 05																																	
Keterangan :		Reason				Old				New				Date																			
15 Final Inspect		△ : Incoming / Storage				○ : Process				◇ : Inspection																							
16 Despatch.																																	

LAMPIRAN C

Product Type			Casting Bracket Trunion BT1804								PT Bakrie Autoparts					
Tujuan			Meminimalisir terjadinya <i>reject</i>													
Metode			Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)					FMEA Work Sheet								
Hasil yang diharapkan			Turunnya <i>reject</i> Casting Bracket Trunion BT1804					Team Leader			Fauzia Alfarish					
Batasan-batasan			Metode yang efektif dengan tujuan mengidentifikasi dan mendahulukan masalah-masalah potensial (kegagalan) dengan peringkat tertinggi					Date			Juni 2018					
Proses	Potensi Kegagalan	Efek Kegagalan	SEV.	Penyebab Kegagalan	OCC.	Proses Kontrol untuk Pencegahan	Proses Kontrol yang Ada/Dilakukan	DET.	R.P.N	Tindakan yang Direkomendasikan untuk Mengurangi Resiko Kegagalan	Penanggung Jawab	Hasil Tindakan				
												SEV.	OCC.	DET.	R.P.N	
Foundry Casting Bracket Trunion BT1804 mengalami <i>reject</i> bad core	Tidak dapat dilanjutkan ke proses <i>machining</i> dan <i>casting</i> menjadi <i>scrap</i>	8	Waktu standar pemanasan <i>core</i> yang ditetapkan hanya 5 menit	7	Melakukan <i>trial</i> proses pemanasan <i>core</i> dan melakukan evaluasi hasil <i>trial</i> yang dilakukan	Sedikit terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	8	448	Melakukan <i>trial</i> proses pemanasan <i>core</i> dengan waktu 6 menit, 7 menit dan melakukan evaluasi hasil <i>trial</i> yang dilakukan	Engineering dan <i>Foreman core making</i>	8	7	4	224		
			Salah dalam pemasangan <i>core</i> ke <i>mould</i>	7	Melakukan pengecekan <i>core</i> setelah <i>core</i> terpasang	Sangat rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	7	392	Melakukan pengecekan <i>core</i> setelah <i>core</i> terpasang pada <i>mould drag</i> dan menekan <i>core</i> area depan setelah terpasang pada <i>mould</i>	<i>Foreman produksi</i>	8	7	3	168		
			Jadwal pembersihan rel konfeyor tidak berjalan secara efektif	7	Melakukan pengawasan dan briefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	6	336	Melakukan pengawasan dan briefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	<i>Foreman produksi</i>	8	7	3	168		
			Jadwal pembersihan saluran <i>burner</i> tidak berjalan secara efektif	7	Melakukan pengawasan dan briefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	6	336	Melakukan pengawasan dan briefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	<i>Foreman core making</i>	8	7	3	168		
			Ventilasi udara di area <i>pouring</i> banyak yang tertutup debu	7	Melakukan pengawasan dan briefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	Rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	6	336	Melakukan pengawasan dan briefing tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan kerja	<i>Maintenance</i>	8	7	3	168		
Melakukan <i>trial</i> proses pemanasan <i>core</i> dengan waktu 6 menit, 7 menit dan melakukan evaluasi hasil <i>trial</i> yang dilakukan								Disiapkan Oleh		Diperiksa Oleh			Disetujui Oleh			
  																
								Lana Gustia		Fauzia Alfarish			Harmono			
Proses pemanasan <i>core</i> hanya 5 menit, thickness 7,00 mm			Proses pemanasan <i>core</i> 7 menit, hasilnya thickness 10,06mm sesuai standar (standar 10,00mm)					Ket:								

LAMPIRAN D

No	Gambar	Jenis Reject	Penyebab
1		SI (SAND INCLUSION)	Cacat profil <i>casting</i> disebabkan adanya rontokan pasir yang membentuk rongga pada permukaan <i>casting</i> .
2		SCAB	Cacat profil <i>casting</i> , cairan menembus pasir cetak yang disebabkan Compressive Strength pasir cetak menurun yang diakibatkan kondensasi air beberapa mm dari permukaan rongga cetak.
3		GH (GAS HOLE)	Cacat <i>casting</i> yang disebabkan gas terjebak dalam cairan yang diakibatkan oleh kadar air berlebih dari <i>moulding</i> , <i>core</i> dan dapat juga terjadi dikarenakan kandungan Gas pada cairan.
4		SKG (SHRINKAGE)	Cacat <i>casting</i> berupa porosity dan cekungan dikarenakan Layout pattern, Komposisi, Temperatur Cairan.
5		MS (MISSRUN)	Cacat bagian <i>casting</i> yang tidak terbentuk secara utuh disebabkan temperatur cairan logam rendah atau proses penuangan yang lambat.
No	Gambar	Jenis Reject	Penyebab

6		CRS (CRASH)	Cacat profil <i>casting</i> dikarenakan proses <i>joint mould</i> dengan <i>mould</i> atau <i>mould</i> dengan <i>core</i> yang bergesekan sehingga ada nya rontokan pasir dalam profil <i>casting</i> .
7		BC (BROKEN CASTING)	Cacat profil <i>casting</i> dikarenakan adanya perubahan profil <i>casting</i> diakibatkan proses pematahan <i>runner system</i> atau adanya benturan yang merubah profil <i>casting</i> .
8		MRT (MOULD RETAK)	Cacat dimensi <i>casting</i> dikarenakan <i>mould</i> yang retak.
9		BM (BAD MOULD)	Cacat profil <i>casting</i> yang disebabkan adanya profil <i>Mould</i> yang tidak terbentuk sehingga terisi cairan logam.
10		BCR (BAD CORE)	Cacat Visual <i>casting</i> pada profil area <i>core</i> diakibatkan kualitas <i>Core</i> kurang baik.

LAMPIRAN E

LAMPIRAN
Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola

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

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

Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	14.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.429	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,43	26.803	3,94	7.344
2,42	178.786	2,93	76.359	3,44	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.215	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

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

Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

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

Catatan: Tabel konversi ini
Mencakup pengeseran 1,5-
sigma untuk semua nilai Z

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