

**PENINGKATAN KUALITAS PRODUK *SPROCKET TIMING KVB* MENGGUNAKAN
METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DENGAN
PENDEKATAN LOGIKA *FUZZY* DI PT DIAMETRAL INVOLUTE**

**Laporan ini Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Akademik
Program Pendidikan Diploma IV Teknik Industri Otomotif
Politeknik STMI Jakarta**



Disusun Oleh:

NAMA : AKHMAD KURNIA ADINEGORO

NIM : 1113068

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

2018

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR:

PENINGKATAN KUALITAS PRODUK *SPROCKET TIMING KVB*
MENGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*
(FMEA) DENGAN PENDEKATAN LOGIKA FUZZY DI PT DIAMETRAL
INVOLUTE.

DISUSUN OLEH:

NAMA : AKHMAD KURNIA ADINEGORO

NIM : 1113068

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diajukan dan
Dipertahankan Dalam Ujian Tugas Akhir
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 17 September 2018



(Ir. Suriadi A.S. M.Com.)
NIP: 19581025.198503.1.006

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR:

**"PENINGKATAN KUALITAS PRODUK *SPROCKET TIMING KVB*
MENGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*
(FMEA) DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN LOGIKA FUZZY
DI PT DIAMETRAL INVOLUTE"**

DISUSUN OLEH:

NAMA : AKHMAD KURNIA ADINEGORO

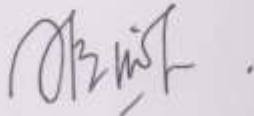
NIM : 1113068

PROGRAM STUDI : D-IV TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta pada
hari Selasa tanggal 31 Juli 2018.

Jakarta, 15 September 2018

Dosen Penguji 1



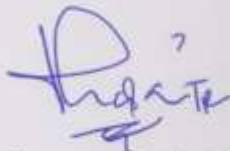
Emi Rusmiati, S.T., M.T.
(NIP. 19760926.200112.2.003)

Dosen Penguji 2



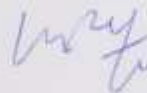
Muhamad Agus, S.T., M.T.
(NIP. 19700829.200212.1.001)

Dosen Penguji 3



Lucyana Tresia, M.T.
(NIP. 19780301.200803.2.001)

Dosen Penguji 4



Ir. Suriadi A.S., M.Com.
(NIP. 19581025.198503.1.006)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : AKHMAD KURNIA ADINEGORO

NIM : 11113068

Berstatus sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, dengan ini menyatakan hasil karya tugas akhir yang saya buat dengan judul "PENINGKATAN KUALITAS PRODUK *SPROCKET TIMING KVB* MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DENGAN PENDEKATAN LOGIKA FUZZY DI PT DIAMETRAL INVOLUTE".

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survey lapangan, asistensi dengan dosen pembimbing, serta buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasi atau yang pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas/ perguruan tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

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

Jakarta, September 2018



(Akhmad Kurnia Adinegoro)

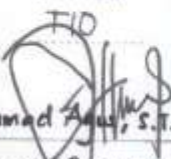


LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Akhmad Kurnia Adinegoro
 NIM : 1113068
 Judul TA : Peningkatan Kualitas Produk Sprocket Timing KVB Menggunakan Metode Failure and Effect Analysis (FMEA) dengan Pendekatan Logika Fuzzy di PT Diametral Involute
 Pembimbing : Ir. Suriadi AS, M.Com.
 Asisten Pembimbing : -

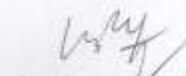
Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
26/2017 10	I	Pembahasan bab I & revisi	✓
27/2017 10	I & II	Pembahasan bab I, II dan revisi	✓
1/2017 11	I, II & III	Pembahasan bab I, II, III dan revisi	✓
2/2017 11	II, III & IV	Pembahasan bab II, III, IV dan revisi	✓
16/2017 11	II, III & IV	Pembahasan bab II, III, IV dan revisi	✓
17/2017 11	III, IV & V	Pembahasan bab III, IV, V dan revisi	✓
26/2017 11	V & VI	Pembahasan bab V dan VI	✓
23/2017 11	I - VI	Pembahasan bab I - VI	✓

Mengetahui,
Ka Prodi


Muhammad Agus, S.T., M.T.

NIP : 19700829.200212.1.001

Pembimbing


Ir. Suriadi AS, M.Com

NIP : 19581025.198503.1.006

ABSTRAK

PT Diametral Involute merupakan perusahaan penghasil *gears* dan *mechanical parts* yang memproduksi *sprocket timing kvb*. Masalah yang sedang dihadapi perusahaan yaitu banyak jumlah cacat pada proses *gear* khususnya pada produk *sprocket timing kvb*. Oleh karena itu diperlukan suatu perbaikan pada proses *gear* untuk meningkatkan kualitas produksi dengan menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan penggunaan logika *fuzzy* untuk mencegah atau mendeteksi lebih dini dari kerusakan yang dialami dan dapat menentukan jenis kerusakan mana yang harus diprioritaskan untuk diberikan solusinya. Selanjutnya yaitu dengan mengidentifikasi *failure mode*, identifikasi *failure mode*, identifikasi *effect of failure*, identifikasi *cause effect*, menetapkan nilai *severity*, *occurence*, menentukan pengendalian proses, nilai *detection* dan menghitung Nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang kemudian dilakukan fuzzifikasi untuk mendapatkan nilai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN). Hasil analisis menyatakan bahwa terdapat 3 jenis cacat yang terdapat pada produk *sprocket timing kvb* diantaranya adalah *burry*, *friction* dan *scratch* dengan persentase cacat secara sebesar 45,6%, 28,5% dan 25,9%. Cacat tersebut disebabkan oleh faktor manusia, material, metode dan lingkungan. Setelah itu menganalisis kembali akar permasalahan dan melakukan tindakan perbaikan menggunakan 5W+1H. Berdasarkan perbaikan yang dilakukan didapatkan penurunan nilai DPMO sebesar 3.725 turun menjadi 2.678 dan kenaikan *level sigma* dari 4,18 menjadi 4,28. Untuk meningkatkan kualitas produksi perlu dilakukan perbaikan terus-menerus terhadap produk cacat agar dapat menaikkan nilai *level sigma* dan mencari solusi untuk menangani masalah pada produk cacat tersebut dengan menggunakan metode FMEA dan penggunaan logika *fuzzy* agar dapat membantu memecahkan masalah yang ada berdasarkan skala prioritas nilai FRPN.

Kata kunci: *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), logika *fuzzy*, *Risk Priority Number* (RPN), *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul, **“PENINGKATAN KUALITAS PRODUK *SPROCKET TIMING KVB* MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DENGAN PENDEKATAN LOGIKA *FUZZY* DI PT DIAMETRAL INVOLUTE”**.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk menyelesaikan Program Studi D-IV di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, Program Studi Teknik Industri Otomotif. Ucapan terimakasih yang pertama saya ucapkan kepada kedua orang tua yang tiada henti-hentinya berdoa, memberikan dukungan moril dan materiil, dan juga saya ucapkan terimakasih kepada adik-adik saya yang telah memberi motivasi untuk menyelesaikan penyusunan laporan ini. Kemudian saya ucapkan rasa terimakasih saya sampaikan kepada:

- Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
- Bapak Muhamad Agus, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Otomotif.
- Bapak Ir. Suriadi A.S., M.Com., selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu memberikan bimbingan, motivasi, waktu dan pengarahan kepada penulis selama penyusunan laporan tugas akhir.
- Annisa Choirani yang telah senantiasa selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis yang selalu membangun saya menjadi insan yang kuat.
- HPA Tradyakala selaku organisasi yang memberikan banyak pengalaman kepada saya serta memberikan semangat dan motivasi.
- Bapak Izzurman selaku *Human Resource and Development (HRD)* PT Diametral Involute yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di PT Diametral Involute.
- Bapak Mahmud, selaku pembimbing dalam melakukan penelitian di PT Diametral Involute.

- Bapak Bambang, selaku kepala bagian *quality control* dan *heat treatment* yang memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian, membimbing, serta memberikan pengetahuan kepada penulis.
- Bapak Yunus Jaelani, selaku kepala bagian *production planning control* yang telah banyak membagikan ilmunya kepada penulis.
- Karyawan PT Diametral Involute yang telah membagikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis.
- Seluruh teman-teman TIO angkatan 2013 yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
- Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan tugas akhir ini masih banyak hal yang perlu disempurnakan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap laporan tugas akhir dapat memberi manfaat bagi para pembaca.

Jakarta, September 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengertian Kualitas	6
2.2 Pengendalian Kualitas.....	8
2.3 <i>Statistical Process Control</i> (SPC).....	9
2.3.1 Diagram Pareto.....	10
2.3.2 Peta Kendali (<i>Control Chart</i>).....	11
2.3.3 Analisis Kemampuan Proses Data Atribut.....	13
2.4 Diagram Sebab Akibat	14

2.5 FMEA	16
2.5.1 Tujuan FMEA	17
2.5.2 Menentukan <i>Severity, Occurance, Detection</i> dan RPN	17
2.5.3 Langkah Dasar FMEA	21
2.5.4 Identifikasi Elemen-Elemen FMEA Proses	22
2.6 Logika <i>Fuzzy</i>	24
2.6.1 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	25
2.6.2 Representasi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	25
2.6.3 Defuzzifikasi	27
2.7 <i>Fuzzy</i> FMEA	28
2.7.1 Nilai Variabel <i>Input Fuzzy</i> FMEA	31
2.7.2 Nilai Variabel <i>Output Fuzzy</i> FMEA	31
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis dan Sumber Data	33
3.2 Metode Pengumpulan Data	33
3.3 Teknik Analisis	36
 BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	
4.1 Profil PT Diametral Involute	39
4.1.1 Sejarah dan Data Umum PT Diametral Involute	40
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan	42
4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan	43
4.1.4 Pengaturan Jam Kerja di PT Diametral Involute	45
4.1.5 Mesin-Mesin Produksi PT Diametral Involute	46

4.1.6	Produksi PT Diametral Involute.....	48
4.1.7	Deskripsi Produk.....	48
4.1.8	Proses Produksi	49
4.1.9	Jenis-Jenis Cacat pada Komponen <i>Sprocket Timing KVB</i>	51
4.2	Produksi dan Cacat.....	52
4.3	Diagram Pareto	53
4.4	Peta Kendali Data Atribut	54
4.5	Perhitungan Kemampuan Proses	61

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1	Analisis Diagram Pareto	63
5.2	Analisis Peta Kendali P.....	63
5.3	Nilai DPMO dan <i>Level Sigma</i>	63
5.4	Diagram <i>Fishbone</i>	64
5.4.1	Analisis Diagram <i>Fishbone Burry</i>	64
5.4.2	Analisis Diagram <i>Fishbone Friction</i>	65
5.4.3	Analisis Diagram <i>Fishbone Scratch</i>	66
5.5	FMEA.....	67
5.5.1	FMEA dengan Potensi Kegagalan <i>Burry</i>	67
5.5.2	FMEA dengan Potensi Kegagalan <i>Friction</i>	70
5.5.3	FMEA dengan Potensi Kegagalan <i>Scratch</i>	74
5.6	Proses Fuzzifikasi.	77
5.6.1	<i>Output FRPN</i> dengan Menggunakan Aplikasi <i>Fuzzy</i>	81
5.7	Penentuan Peringkat Berdasarkan RPN dan FRPN.	82

5.7.1	Perbandingan Nilai, Kategori Serta <i>Ranking</i> Prioritas	
	Penyelesaian Masalah Antara RPN dan FRPN <i>Burry</i>	82
5.7.2	Perbandingan Nilai, Kategori Serta <i>Ranking</i> Prioritas	
	Penyelesaian Masalah Antara RPN dan FRPN <i>Friction</i> ...	83
5.7.3	Perbandingan Nilai, Kategori Serta <i>Ranking</i> Prioritas	
	Penyelesaian Masalah Antara RPN dan FRPN <i>Scratch</i>	85
5.8	Analisis Perbaikan dengan Menggunakan 5W+1H	86
5.9	Produk dan Cacat Setelah Perbaikan.	89
5.10	Perbandingan DPMO dan Level Sigma.	92
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	88
6.2	Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk <i>Severity of Effects</i> dalam FMEA <i>Process Effect</i>	18
Tabel 2.2	Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk <i>the Occurance of Failure</i> dalam FMEA <i>Process Effect</i>	19
Tabel 2.3	Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk <i>The Detection of a cause or Failure</i> dalam FMEA <i>Process Effect</i>	20
Tabel 2.4	Kategori Indeks Bilangan <i>Crisp Severity, Occurance</i> dan <i>Detection</i>	31
Tabel 2.5	Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Input</i>	31
Tabel 2.6	Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Output</i>	32
Tabel 2.7	Kategori untuk nilai FRPN	32
Tabel 4.1	Jam Kerja PT Diametral Involute <i>Shift 1</i>	45
Tabel 4.2	Jam Kerja PT Diametral Involute <i>Shift 2</i>	45
Tabel 4.3	Jam Kerja PT Diametral Involute <i>Shift 3</i>	45
Tabel 4.4	Mesin-Mesin yang Dimiliki PT Diametral Involute.....	46
Tabel 4.5	Jenis Mesin <i>Heat Treatment</i> PT Diametral Involute	47
Tabel 4.6	Rekapitulasi Jumlah Produksi dan Jumlah Cacat	52
Tabel 4.7	Diagram Pareto Jumlah Cacat	53
Tabel 4.8	Jumlah Cacat dan Jumlah Produksi Bulan Februari-Maret 2017.	54
Tabel 4.9	Proporsi Cacat dan Batas <i>Control Limit</i> Setiap Sampel	56

Tabel 4.10	Jumlah Cacat dan Produksi Setelah Direvisi	58
Tabel 4.11	Proporsi Cacat dan Batas <i>Control Limit</i> Setelah Revisi	60
Tabel 5.1	<i>Potential Failure</i> pada Proses <i>Gear</i>	67
Tabel 5.2	<i>Failure Effect</i> pada Proses <i>Gear</i> Jenis Kegagalan <i>Burly</i>	68
Tabel 5.3	Penentuan Nilai <i>Severity</i> Jenis Kegagalan <i>Burly</i>	68
Tabel 5.4	Penentuan Nilai <i>Occurance</i> Jenis Kegagalan <i>Burly</i>	68
Tabel 5.5	Pengendalian Proses Jenis Kegagalan <i>Burly</i>	69
Tabel 5.6	Penentuan Nilai <i>Detection</i> Jenis Kegagalan <i>Burly</i>	69
Tabel 5.7	Nilai RPN Potensi Kegagalan <i>Burly</i>	70
Tabel 5.8	<i>Potential Failure</i> pada Proses Pembentukan <i>Gear</i>	70
Tabel 5.9	<i>Failure Effect</i> pada Proses Pembentukan <i>Gear</i>	71
Tabel 5.10	Penentuan Nilai <i>Severity Friction</i>	71
Tabel 5.11	Penentuan Nilai <i>Occurence Friction</i>	72
Tabel 5.12	Pengendalian Proses Jenis Kegagalan <i>Friction</i>	72
Tabel 5.13	Penentuan Nilai <i>Detection</i> Jenis Kegagalan <i>Friction</i>	73
Tabel 5.14	Nilai RPN Potensi Kegagalan <i>Friction</i>	73
Tabel 5.15	<i>Potential Failure</i> pada Proses <i>Turning</i>	74
Tabel 5.16	<i>Failure Effect</i> pada Proses <i>Turning</i>	74
Tabel 5.17	Penentuan Nilai <i>Severity</i> Jenis Kegagalan <i>Scratch</i>	75
Tabel 5.18	Penentuan Nilai <i>Occurence</i> Jenis Kegagalan <i>Scratch</i>	75
Tabel 5.19	Pengendalian Proses Penentuan Nilai <i>Occurence</i> Jenis Kegagalan <i>Scratch</i>	76
Tabel 5.20	Penentuan Nilai <i>Detection</i> Jenis Kegagalan <i>Scratch</i>	76

Tabel 5.21	Nilai RPN Potensi Kegagalan <i>Scratch</i>	77
Tabel 5.22	Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Input</i>	78
Tabel 5.23	Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Output</i> FRPN	79
Tabel 5.24	Proses FMEA dengan Peringkat dan Kategori Berdasarkan Nilai FRPN Penyebab Kegagalan <i>Burrry</i>	82
Tabel 5.25	Proses FMEA dengan Peringkat dan Kategori Berdasarkan Nilai FRPN Penyebab Kegagalan <i>Friction</i>	83
Tabel 5.26	Proses FMEA dengan Peringkat dan Kategori Berdasarkan Nilai FRPN Penyebab Kegagalan <i>Scratch</i>	85
Tabel 5.27	Analisis 5W+1H Untuk Cacat <i>Burrry</i> pada <i>Sprocket</i> <i>Timing KVB</i>	86
Tabel 5.28	Analisis 5W+1H Untuk Cacat <i>Friction</i> pada <i>Sprocket</i> <i>Timing KVB</i>	87
Tabel 5.29	Analisis 5W+1H Untuk Cacat <i>Scratch</i> pada <i>Sprocket</i> <i>Timing KVB</i>	88
Tabel 5.30	Data Cacat Bulan April-Mei 2017	89
Tabel 5.31	Perbandingan DPMO dan <i>Level Sigma</i>	92

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Kendali	12
Gambar 2.2 Diagram <i>Fishbone</i>	16
Gambar 2.3 Representasi Linear Naik	26
Gambar 2.4 Representasi Linear Turun	26
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga	27
Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium	27
Gambar 2.7 Matriks <i>Fuzzy FMEA Rules</i>	30
Gambar 3.1 Alur Pemecahan Masalah	38
Gambar 4.1 Peta Lokasi PT Diametral Involute	42
Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT Diametral Involute	44
Gambar 4.3 Mesin-Mesin yang dimiliki PT Diametral Involute	46
Gambar 4.4 Jenis Mesin <i>Heat Treatment</i> PT Diametral Involute.....	47
Gambar 4.5 Komponen <i>Gear</i> yang Diproduksi PT Diametral Involute	48
Gambar 4.6 Deskripsi Produk <i>Sprocket Timing KVB</i> Motor Honda <i>Beat</i> ...	48
Gambar 4.7 Peta Proses Operasi <i>Sprocket Timing KVB</i>	50
Gambar 4.8 <i>Burrry</i> pada <i>Sprocket Timing KVB</i>	51
Gambar 4.9 <i>Friction</i> pada <i>Sprocket Timing KVB</i>	51
Gambar 4.10 <i>Scratch</i> pada <i>Sprocket Timing KVB</i>	52
Gambar 4.11 Diagram Pareto <i>Sprocket Timing KVB</i>	54

Gambar 4.12	Peta Kendali P Proporsi Cacat Bulan Februari-Maret 2017	57
Gambar 4.13	Peta Kendali P Proporsi Cacat Bulan Februari dan Maret Setelah Revisi	61
Gambar 5.1	Diagram <i>Fishbone Burry</i> pada <i>Sprocket Timing KVB</i>	64
Gambar 5.2	Diagram <i>Fishbone Friction</i> pada <i>Sprocket Timing KVB</i>	65
Gambar 5.3	Diagram <i>Fishbone Scratch</i> pada <i>Sprocket Timing KVB</i>	66
Gambar 5.4	<i>Fuzzy Inference System Editor</i>	77
Gambar 5.5	Editor Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Input</i>	78
Gambar 5.6	Editor Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Output</i>	80
Gambar 5.7	Hasil <i>Output</i> FRPN dari Cacat <i>Burry</i>	75
Gambar 5.8	Peta Kendali Setelah Dilakukan Perbaikan pada Proses <i>Gear</i> .	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Tabel Konversi DPMO ke Nilai *Sigma*

Lampiran B : *Fuzzy Rules*

Lampiran C : Hasil *Output* FRPN Menggunakan Aplikasi Matlab

Lampiran D : Unsur Material *Sprocket Timing KVB*

Lampiran E : Tabel Pengontrolan Mesin

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam menghadapi persaingan antar perusahaan banyak cara ditempuh untuk memenangkan pangsa pasar sehingga dapat bertahan dalam dunia industri. Perusahaan berlomba-lomba memberi performansi terbaiknya untuk menarik minat konsumen untuk membeli. Salah satu bentuk performansi yang baik adalah kualitas produk yang baik. Pada umumnya konsumen akan berasumsi semakin tinggi harga suatu produk, maka kualitas produk tersebut semakin baik. Akan tetapi bila ternyata produk yang dibeli memiliki kualitas yang buruk, maka konsumen akan kecewa dan ada kemungkinan untuk tidak melakukan pembelian kembali pada produk yang sama atau merk yang sama. Dengan demikian perusahaan perlu melakukan perbaikan kualitas secara berkelanjutan.

Kualitas merupakan salah satu jaminan yang harus diberikan oleh perusahaan kepada pelanggan. Kualitas juga telah menjadi indikator penting bagi perusahaan, untuk dapat bertahan di tengah ketatnya persaingan dalam dunia industri. Karena kualitas dari suatu produk merupakan salah satu alasan utama pelanggan dalam memilih produk. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dan peningkatan kualitas secara terus-menerus dari perusahaan agar produk yang dihasilkan dapat sesuai dengan kebutuhan konsumen.

PT Diametral Involute merupakan perusahaan penghasil *Gears* dan *Mechanical Parts* yang selalu mengutamakan kepuasan kepada setiap pelanggan. Salah satu produk yang diproduksi di PT Diametral Involute yaitu *Sprocket Timing KVB* dan produk ini memiliki jumlah cacat yang cukup tinggi, yaitu sebanyak 239 unit dari total 21.390 unit yang diproduksi pada bulan Februari–Maret 2017. Hal tersebut menyebabkan perusahaan mengalami kerugian karena pemborosan material maupun waktu pada proses produksi.

Salah satu metode yang dipakai untuk menganalisa produk cacat tersebut adalah dengan menggunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dengan pendekatan logika *Fuzzy* yang merupakan suatu teknik analitis yang mengkombinasikan teknologi dan pengalaman orang dalam mengidentifikasi tipe-tipe kegagalan yang dapat diduga dari suatu produk atau proses dan perencanaan produk untuk menghapus kegagalan tersebut. FMEA dapat dijelaskan sebagai kelompok aktifitas dengan tujuan untuk mengenali dan mengevaluasi potensi kegagalan suatu produk atau proses dan efek

yang ditimbulkan serta mengidentifikasi langkah-langkah yang dapat mengurangi timbulnya potensi-potensi kegagalan tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Setelah melihat latar belakang masalah pada PT Diametral Involute, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan adalah sebagai berikut :

1. Apakah penyebab cacat pada produk *Sprocket Timing KVB*?
2. Berapakah nilai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) kegagalan proses produk *Sprocket Timing KVB*?
3. Bagaimana perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi tingkat cacat produk *Sprocket Timing KVB*?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengidentifikasi cacat yang terdapat pada produk *Sprocket Timing KVB*.
2. Mengidentifikasi kegagalan yang timbul dalam proses produksi *Sprocket Timing KVB* berdasarkan nilai FRPN.
3. Melakukan tindakan perbaikan guna meningkatkan kualitas proses produksi *Sprocket Timing KVB* dengan tujuan mengurangi jumlah cacat produk *Sprocket Timing KVB* pada PT Diametral Involute.

1.4 Pembatasan Masalah

Mengingat banyak hal yang mungkin berkaitan dengan pokok permasalahan, agar pembahasan tidak terlalu luas dan menyimpang, maka penulisan ini dibatasi ruang lingkup pembahasannya, meliputi:

1. Penelitian dilakukan di PT Diametral Involute.
2. Pengamatan dilakukan pada *Plant B* proses produksi *Sprocket Timing KVB*.
3. Data yang dipergunakan untuk menentukan penyebab kecacatan didapatkan melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan.
4. Pengambilan data kontrol penelitian dilakukan pada periode Februari sampai Maret 2017.
5. Perhitungan nilai FRPN berdasarkan Matlab.
6. Penelitian ini tidak memperhatikan serta memperhitungkan faktor biaya yang timbul akibat kegagalan proses yang terjadi dan komposisi bahan baku karena merupakan rahasia perusahaan.

1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Bagi Perusahaan

Mendapatkan solusi terbaik untuk produk *Sprocket Timing KVB* demi meningkatkan kualitas produksi.

2. Bagi Peneliti

Mendapatkan kesempatan untuk mengaplikasikan ilmu yang selama ini didapat secara akademis dan mendapatkan tambahan wawasan mengenai dunia kerja secara langsung.

3. Bagi Pihak Lain

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

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini memuat teori-teori dan prinsip-prinsip yang menjadi pedoman dan acuan dalam mengolah, menganalisa dan menyimpulkan pemecahan masalah yang berkaitan dengan pokok pembahasan yang dibahas.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dalam penelitian terdiri dari studi pendahuluan dan studi pustaka, identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan, kemudian kesimpulan dan saran.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Memuat data yang membahas mengenai sejarah umum dan perkembangan perusahaan, *layout* perusahaan, visi dan misi, tujuan perusahaan, struktur organisasi PT Diametral Involute, produk yang dihasilkan, alur proses produksi serta jumlah produksi dan jumlah cacat. Data tersebut kemudian

diolah menggunakan metode FMEA dengan pendekatan logika *Fuzzy* untuk menentukan nilai FRPN dari masalah kegagalan yang terjadi.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini hasil pengolahan data yang diperoleh dan dijelaskan pada bab sebelumnya, kemudian dianalisa untuk menentukan prioritas penanganan atau penyelesaian masalah yang akan dilakukan terhadap jenis kegagalan yang terjadi didalam proses.

BAB VI : PENUTUP

Bab ini merupakan bagian akhir dari penulisan tugas akhir ini yang berisi kesimpulan tentang hasil-hasil yang diperoleh dari analisa pada bab-bab sebelumnya tentunya dengan berpedoman pada prinsip-prinsip yang telah ditentukan. Dalam bab ini juga berisikan tentang saran-saran yang dikemukakan sebagai sebuah bentuk kontribusi kepada perusahaan dalam melakukan perbaikan yang bermanfaat bagi perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Kualitas

Kualitas memiliki banyak definisi yang berbeda, dan bervariasi dari konvensional sampai yang lebih strategis. Definisi konvensional dari kualitas menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk seperti: kinerja, keandalan, kemudahan dalam penggunaan, estetika dan sebagainya. Bagaimanapun para manajer dari perusahaan yang sedang berkompetisi dalam pasar global harus memberikan perhatian serius pada definisi kualitas yang bersifat strategis, yaitu: kualitas adalah segala sesuatu yang mampu memenuhi kebutuhan pelanggan. Keistimewaan atau keunggulan produk dapat diukur melalui tingkat kepuasan pelanggan. Keistimewaan ini tidak hanya terdiri dari karakteristik produk yang ditawarkan tetapi juga pelayanan yang menyertai produk itu, seperti: cara pemasaran cara pembayaran, ketepatan penyerahan dan lain-lain (Gaspersz, 2011). Sedangkan pengertian kualitas menurut beberapa ahli yang dikutip Ariani (2004):

1. Crosby, (1979) “Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, reability, maintainability*, dan *cost effectiveness*”.
2. Deming, (1982) “Kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan di masa mendatang”.
3. Juran, (1962) “Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya”.
4. Taguchi, (1987) “Kualitas dapat ditingkatkan oleh tiga konsep yaitu ketangguhan (*robustness*), fungsi kerugian kualitas (*quality loss function*) dan kualitas berdasarkan target (*target-oriented quality*).
5. Feigenbaum, (1991) “Kualitas yaitu keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi: *marketing, engineering, manufacture dan maintenance*, di mana produk dan jasa tersebut akan sesuai harapan pelanggan”.
6. Goetsh dan Davis (1994), Kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, jasa, manusia, proses dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan.

Berdasarkan definisi tentang kualitas baik yang konvensional maupun yang lebih strategis, kita boleh menyatakan bahwa pada dasarnya kualitas mengacu pada pengertian pokok berikut (Gaspersz, 2011):

1. Kualitas terdiri dari sejumlah keistimewaan produk, baik keistimewaan langsung maupun keistimewaan atraktif yang memenuhi keinginan pelanggan dan dengan demikian dapat memberikan kepuasan atas penggunaan produk itu.

2. Kualitas terdiri dari segala sesuatu yang bebas dari kekurangan atau kerusakan.

Pada masa sekarang ini industri tergantung pada sejumlah besar kondisi yang membebani produk-produk melalui suatu cara yang tidak pernah dialami pada periode sebelumnya. Kualitas produk memiliki peran penting untuk menjaga kelangsungan hidup perusahaan. Kualitas secara langsung dipengaruhi oleh (Feigenbaum, 1996).

1. Pasar

Keinginan dan kebutuhan konsumen pada masa sekarang ini untuk memperoleh produk dengan kualitas baik dalam memenuhi kebutuhan tersebut.

2. Uang

Biaya-biaya kualitas yang dikaitkan dengan perbaikan mutu telah mencapai keinginan yang tak terduga, kenyataan ini menekan bahwa biaya kualitas sebagai salah satu “titik lunak” tempat biaya operasi dan kerugian yang dapat diturunkan untuk mendapatkannya.

3. Manajemen

Adanya kordinasi antar divisi memungkinkan tidak terjadinya kesalahan operasi perencanaan produk yang dihasilkan sesuai dengan kualitas dari keinginan konsumen

4. Manusia

Faktor terpenting yang harus dimiliki perusahaan karena merupakan sumberdaya spesialisasi yang khusus.

5. Material

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

6. Mesin

Memelihara waktu kerja mesin agar fasilitasnya dapat dimanfaatkan sepenuhnya.

7. Informasi

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

8. Persyaratan proses produksi

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

9. Motivasi

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

2.2. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan suatu teknik yang dilakukan agar dapat menghasilkan produk berupa barang atau jasa yang sesuai dengan standar yang direncanakan, serta memperbaiki kualitas produk yang belum sesuai dengan standar (Irwan dan Haryono, 2015). Sedangkan menurut Gasperz (2011), Pengendalian kualitas adalah teknik-teknik dan aktivitas operasional yang digunakan untuk memenuhi persyaratan kualitas.

Menurut Juran (1992), pengendalian kualitas terdiri dari tiga aspek yang dikenal dengan konsep trilogi kualitas, yaitu:

1. *Quality Planning* (Perencanaan Kualitas)

Pendefinisian kualitas produk memerlukan panduan yang telah didefinisikan oleh *top management*. Perencanaan kualitas merupakan proses untuk merencanakan kualitas sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pelanggan. Pada tahapan ini produsen harus:

- a. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen, baik konsumen internal maupun eksternal.
- b. Merancang produk yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.
- c. Merancang proses produksi untuk kebutuhan tersebut.
- d. Proses produksi harus sesuai dengan spesifikasi.

2. *Quality Control* (Pengendalian Kualitas)

Pengendalian kualitas produk pada saat proses produksi. Pada tahapan ini produsen harus:

- a. Mengidentifikasi faktor kritis yang harus dikendalikan yang berpengaruh terhadap kualitas.

- b. Mengembangkan alat dan metode pengukurannya.
 - c. Mengembangkan standar bagi faktor kritis.
3. *Quality Improvement* (Perbaikan Kualitas)
- Kegiatan ini dilakukan jika ditemui ketidaksesuaian antara kondisi aktual dengan kondisi standar serta untuk mencapai tingkat kinerja yang lebih tinggi. Pada tahapan ini produsen harus:
- a. Menciptakan kesadaran dari kebutuhan dan kesempatan untuk perbaikan.
 - b. Menugaskan peningkatan kualitas, membuat itu sebagai bagian dari setiap deskripsi pekerjaan.
 - c. Memberikan pelatihan tentang bagaimana meningkatkan kualitas.

2.3 Statistical Process Control (SPC)

Pengendalian kualitas proses statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan sebagai pengawasan, pengendalian, penganalisis, pengelolaan dan memperbaiki proses menggunakan metode statistik. Sedangkan menurut Besterfield (2003), SPC adalah salah satu alat dalam *Total Quality Management* (TQM) yang digunakan untuk mengendalikan mengelola proses baik manufaktur maupun jasa melalui penggunaan metode statistik.

2.3.1 Diagram Pareto

Diagram Pareto diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Vilfredo Pareto (1848–1923). Diagram ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri kekanan menurut urutan *ranking* tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (*ranking* tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan (*ranking* terendah). Diagram Pareto merupakan metode untuk menentukan masalah mana yang harus dikerjakan lebih dahulu. Diagram Pareto mendasarkan keputusannya pada data kuantitatif. Diagram Pareto untuk mengidentifikasi beberapa isu vital dengan menerapkan aturan perbandingan 80:20, artinya 80% peningkatan dapat dicapai dengan memecahkan 20% masalah terpenting yang dihadapi. Selain itu, Diagram Pareto juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses sebelum dan setelah diambil tindakan perbaikan terhadap proses (Yamit, 2001).

Menurut Mitra dan Besterfield yang dikutip Ariani (2005), proses penyusunan Diagram Pareto ada enam langkah, yaitu:

1. Menentukan metode atau arti dari pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab, jenis ketidaksesuaian, dan sebagainya.
2. Menentukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik-karakteristik tersebut, misalnya rupiah, frekuensi, unit, dan sebagainya.
3. Mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan.
4. Merangkum data dan membuat *ranking* kategori data tersebut dari yang terbesar hingga yang terkecil.
5. Menghitung frekuensi kumulatif atau persentase kumulatif yang digunakan.
6. Menggambar diagram batang menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing masalah. Mengidentifikasi beberapa hal yang penting untuk mendapat perhatian.

2.3.2 Peta Kendali (*Control Chart*)

Menurut Prawirosentono (2002), Peta kendali adalah peta yang dijadikan pedoman dalam pengendalian mutu. Peta ini dikemukakan oleh Shewhart untuk mengetahui apakah sampel hasil observasi termasuk daerah yang diterima (*accepted area*) atau daerah yang ditolak (*rejected area*). Jadi, tiap sampel yang diambil bisa berbeda spesifikasi dari waktu ke waktu, maka data observasi ditabulasikan lalu dipetakan, sehingga diperoleh suatu peta kendali mutu.

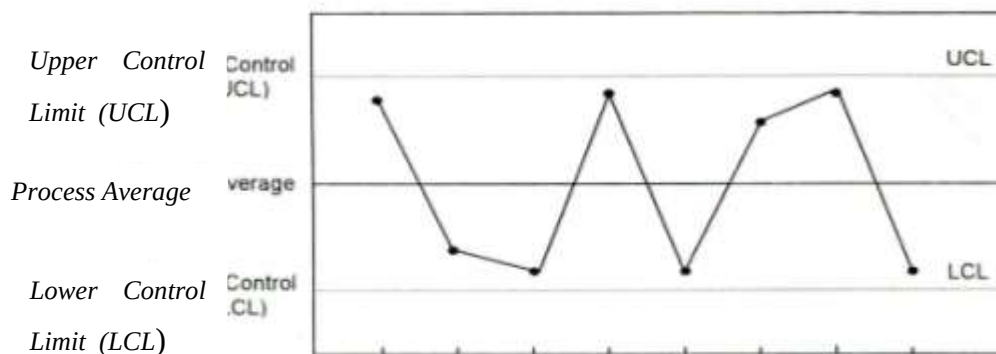
Untuk dapat mengetahui apakah mutu produk yang dibuat sesuai dengan standar mutu yang direncanakan, terlebih dahulu harus ditentukan batas daerah toleransi mutu, yakni daerah antara *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL). Sedangkan batas daerah antara UCL dan LCL disebut sebagai daerah diterima (*accepted area*) sedangkan daerah diluar UCL dan LCL disebut daerah ditolak (*rejected area*).

Luasnya daerah layak diterima tergantung kepada besarnya penyimpangan (deviasi) dari ukuran standar yang direncanakan. Untuk pabrik yang menghasilkan produk dengan presisi (ukuran ketepatan) yang tinggi, berarti tidak boleh ada penyimpangan dari standar yang direncanakan. Artinya, standar deviasi adalah nol. Misalnya baut (sekrup), jari-jari motor, *Integrated Circuit*, takaran komposisi obat-obatan, pesawat terbang, dan produk lain yang berkaitan dengan keselamatan konsumen.

Secara umum, dapat dikatakan bahwa peta kendali digunakan untuk memperoleh informasi berikut:

1. Kemampuan proses produksi, artinya apakah mesin-mesin masih berjalan baik sesuai rencana atau tidak.
2. Pengendalian produk akhir, agar produk akhir tetap baik mutunya.

Jadi, kegunaan peta kendali adalah untuk membatasi toleransi penyimpangan (variasi) yang masih dapat diterima, baik karena akibat kelemahan tenaga kerja, mesin, dan sebagainya.



Gambar 2.1 Peta Kendali
(Sumber: Yamit, 2001)

Peta kendali data atribut merupakan data kualitatif yang dapat dihitung untuk pencatatan dan analisis. Atribut dalam pengendalian kualitas menunjukkan karakteristik kualitas yang sesuai dengan spesifikasi. Atribut digunakan apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan seperti goresan, kesalahan, warna, atau ada bagian yang hilang (Ariani, 2004).

Dalam perhitungan yang dilakukan oleh peneliti pada pengolahan data, peta kendali yang digunakan adalah peta kendali p, karena sebagian dari jenis data yang diambil adalah data atribut. Peta kendali p digunakan untuk mengendalikan proporsi dari item-item yang tidak memenuhi syarat spesifikasi yang ditetapkan dikategorikan cacat. Untuk itu definisi operasional secara tepat tentang apa yang cacat sangatlah penting dan harus dipahami oleh setiap pengguna peta kendali p.

Ukuran sampel pada peta kendali p dapat konstan ataupun bervariasi. Adapun langkah-langkah pembuatan peta kendali p (proporsi unit yang cacat) adalah sebagai berikut:

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

$$\hat{p} = \frac{D_i}{n_i} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$\hat{p}$ = Proporsi cacat pada subgroup ke-i

D_i = Banyaknya produk cacat pada subgroup ke-i

n_i = Ukuran contoh konstan, maka $n_i = n$

4. Hitung rata-rata dari p, yaitu p-bar dapat dihitung dengan rumus

$$\left(\frac{\sum \text{cacat}}{\sum \text{inspeksi}} \right)$$

5. Hitung batas kendali untuk peta kendali p:

- a. Garis sentral (*central limit*) : $CL = \bar{p}$

- b. Batas kendali atas (*Upper Control Limit*) : $UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$

- c. Batas kendali bawah (*Lower Control Limit*): $LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$

6. Plot data proporsi unit cacat dan amati apakah data itu berada dalam pengendalian atau tidak.
7. Apabila data pengamatan menunjukkan bahwa proses berada dalam pengendalian statistik, gunakan peta kontrol p untuk memantau proses terus menerus. Tetapi apabila data pengamatan menunjukkan bahwa proses tidak berada dalam pengendalian statistik, proses itu harus diperbaiki terlebih dahulu sebelum menggunakan peta kontrol itu untuk pengendalian proses terus menerus.

2.3.3 Analisis Kemampuan Proses Data Atribut

Analisis kemampuan proses adalah pendefinisian kemampuan suatu proses dalam memenuhi spesifikasi atau mengukur kinerja proses. Analisis kemampuan proses juga merupakan prosedur yang digunakan untuk memprediksi kinerja jangka panjang yang berada dalam batas pengendalian proses statistik (Irwan dan Haryono, 2015). Untuk data atribut analisis kapabilitas proses menggunakan alat-alat *six sigma* seperti penentuan indeks Cp dan Cpk tidak dapat diterapkan. Karena untuk data atribut menggunakan analisis nilai DPMO (*Defects per Million Opportunities*) dan kapabilitas sigma sebagai ukuran kemampuan proses sesungguhnya (Gasperz, 2002).

CTQ (*Critical to Quality*) merupakan kriteria karakteristik kualitas yang memiliki potensi untuk menimbulkan kegagalan. Banyaknya CTQ potensial diidentifikasi melalui diagram pareto dengan memilih beberapa jenis cacat yang potensial atau berada

di luar target perusahaan (Gaspersz, 2002). Untuk memperoleh nilai sigma, nilai DPMO harus di konversikan ke nilai sigma dengan menggunakan tabel nilai sigma. Rumus menghitung DPMO sebagai berikut:

$$DPMO = \frac{\text{Banyaknya Produk yang Cacat}}{(\text{Banyaknya Produk yang Diperiksa} \times CTQ \text{ Potential})} \times 1.000.000$$

2.4 Diagram Sebab Akibat

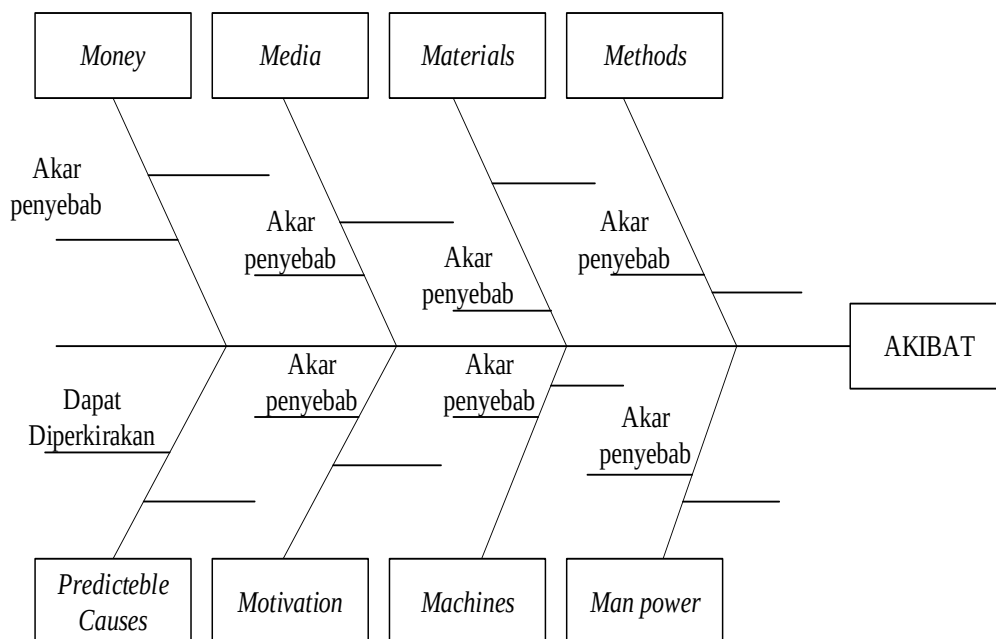
Diagram sebab akibat yang terkenal dengan istilah diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) diperkenalkan pertama kalinya oleh Prof. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943. Diagram sebab-akibat adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukan suatu analisis lebih terperinci dalam dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian dan kesenjangan yang ada (Gasperz, 1997). Diagram ini dapat digunakan dalam situasi dimana:

1. Terdapat pertemuan diskusi dengan *brainstorming* untuk mengidentifikasi mengapa suatu masalah terjadi.
2. Diperlukan analisis lebih terperinci dalam suatu masalah.
3. Terdapat kesulitan untuk memisahkan penyebab dari akibat.

Menurut Gasperz (2002), Kategori sumber-sumber penyebab masalah berdasarkan prinsip 7M (*Manpower, Machines, Methods, Materials, Media, Motivation and Money*), yaitu:

1. *Manpower* (*tenaga kerja*): berkaitan dengan kekurangan dalam pengetahuan (tidak terlatih, tidak berpengalaman), kekurangan dalam keterampilan dasar yang berkaitan dengan mental dan fisik, kelelahan, *stress* dan ketidakpedulian.
2. *Machines* (mesin-mesin) dan peralatan: berkaitan dengan tidak ada sistem perawatan, *preventive* terhadap mesin-mesin produksi, termasuk fasilitas dan peralatan lain, tidak sesuai dengan spesifikasi tugas, tidak dikalibrasi, terlalu *complicated*, dan terlalu panas.
3. *Methods* (metode kerja): berkaitan dengan tidak ada prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, dan tidak cocok.
4. *Materials* (bahan baku dan bahan penolong): berkaitan dengan ketiadaan spesifikasi kualitas dari bahan baku dan bahan penolong yang digunakan, ketidaksesuaian dengan spesifikasi kualitas bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong itu.

5. *Media*: berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memperhatikan aspek-aspek kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja, lingkungan kerja yang kondusif, kekurangan dalam lampu penerangan, ventilasi yang buruk dan kebisingan yang berlebihan.
6. *Motivation* (motivasi): berkaitan dengan ketiadaan sikap kerja yang benar dan profesional (tidak kreatif, bersikap reaktif, tidak mampu bekerja sama dalam tim).
7. *Money* (keuangan): berkaitan dengan ketiadaan dukungan finansial yang mantap guna memperlancar proyek peningkatan kualitas *six sigma* yang akan diterapkan.



Gambar 2.2 Diagram *Fishbone*
(Sumber: Gasperz, 2002)

2.5 FMEA

FMEA merupakan metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah produk dan proses yang bermasalah sebelum terjadi. Meningkatkan FMEA difokuskan pada mencegah cacat, meningkatkan keamanan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Idealnya, meningkatkan FMEA dilakukan dalam desain produk atau tahapan proses pembangunan, meskipun melaksanakan FMEA pada produk dan proses yang ada serta dapat menghasilkan manfaat besar (McDermott, 2009).

FMEA adalah sebuah analisis teknik yang mengkombinasikan teknologi dan pengalaman manusia dalam mengidentifikasi penyebab kegagalan suatu produk, jasa, atau proses dan perencanaan untuk mengeliminasikannya (Besterfield, 2003). FMEA dapat dijelaskan sebagai kelompok aktivitas antara lain:

1. Mengetahui dan mengevaluasi kegagalan potensial dari produk, jasa, atau proses dan akibatnya.
2. Mengidentifikasi tindakan yang dapat menghilangkan atau mengurangi peluang kegagalan proses yang terjadi.

2.5.1 Tujuan FMEA

Tujuan dari penerapan FMEA adalah mencegah masalah terjadi pada proses dan produk. Jika digunakan dalam desain dan proses manufaktur, FMEA 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 (Mc Dermott, 2009). Berikut adalah beberapa tujuan dari penerapan 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.

2.5.2 Menentukan *Severity*, *Occurrence*, *Detection* dan RPN

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka tim FMEA harus mendefinisikan terlebih dahulu tentang *Severity*, *Occurrence*, *Detection*, serta hasil akhirnya yang berupa RPN.

1. *Severity*

Severity adalah langkah pertama untuk menganalisis risiko yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. Dampak tersebut di *ranking* mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk. Proses sistem peringkat yang dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Severity of Effects* dalam FMEA
Process Effect

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% <i>scrap</i>	
	Pelanggan sangat tidak puas	
Tinggi	Sedikit mengganggu kelancaran lini produksi	7
	Sebagian besar menjadi <i>scrap</i> , sisanya dapat disortir (apakah sudah baik atau bisa di <i>Rework</i>)	
	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 ada	Tidak ada efek apapun buat konsumen	1

2. Occurrence

Nilai *occurrence* merupakan nilai yang menyatakan seberapa sering kemungkinan penyebab kegagalan terjadi. Nilai *occurrence* ini diberikan untuk setiap penyebab kegagalan dengan *ranking* antara 1–10. Dalam melakukan penilaian *occurrence* ini yang harus dipahami adalah kenyataan apabila semakin sering penyebab kegagalan terjadi, maka akan semakin tinggi nilai *ranking* yang diberikan. Kriteria dari setiap nilai *ranking occurrence* diperlihatkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *the Occurrence of Failure* dalam FMEA Process

<i>Probability of Failure</i>	<i>Failure Rates</i>	<i>Rank</i>
Sangat tinggi :	1 in 2	10
Kegagalan hampir tak bisa dihindari	1 in 3	9
Tinggi : Umumnya berkaitan dengan	1 in 8	8
proses terdahulu yang sering kali gagal	1 in 20	7
Sedang: Umumnya berkaitan dengan	1 in 80	6
proses terdahulu yang kadang mengalami kegagalan	1 in 400	5
tetapi tidak dalam jumlah yang besar	1 in 2000	4
Rendah: Kegagalan terisolasi berkaitan	1 in 15,000	3
proses serupa		
Sangat rendah: Hanya kegagalan terisolasi yang berkaitan dengan proses hampir identik	1 in 150,000	2
Remote: Kegagalan mustahil. Tak pernah ada kegagalan terjadi dalam proses yang identik	1 in 1,500,000	1

(Sumber: Besterfield, 2003)

3. Detection

Peringkat *detection* merupakan nilai yang menunjukkan seberapa jauh penyebab kegagalan dapat dideteksi. Nilai *detection* ini pun berbentuk *ranking* dari 1-10.

Semakin sulit mendeteksi penyebab kegagalan yang terjadi, maka semakin tinggi pula nilai *ranking* yang diberikan. Untuk lebih jelasnya mengenai kriteria dari setiap nilai *ranking detection* dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3. Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat Untuk *The Detection of a Cause of Failure or Failure Mode* dalam FMEA Process

<i>Detection</i>	<i>Criteria: Likelihood of Detection by Process Control</i>	<i>% R & R</i>	<i>% Repeatability & % Reproducibility</i>	<i>Rank</i>
Hampir Tidak Mungkin	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi	> 100 %	% <i>Repeatability</i> ≥ % <i>Reproducibility</i>	10
Sangat Jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan	> 100 %	% <i>Repeatability</i> < % <i>Reproducibility</i>	9
Jarang	Alat pengontrol saat ini sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	> 80 %	% <i>Repeatability</i> ≥ % <i>Reproducibility</i>	8
Sangat Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah	> 80 %	% <i>Repeatability</i> < % <i>Reproducibility</i>	7
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah	> 60 %	% <i>Repeatability</i> ≥ % <i>Reproducibility</i>	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang	> 60 %	% <i>Repeatability</i> < % <i>Reproducibility</i>	5
Agak Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	≥ 30 %	% <i>Repeatability</i> ≥ % <i>Reproducibility</i>	4
Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan tinggi	≥ 30 %	% <i>Repeatability</i> < % <i>Reproducibility</i>	3
Sangat Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	< 30 %	% <i>Repeatability</i> ≥ % <i>Reproducibility</i>	2
Hampir Pasti	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti	< 30 %	% <i>Repeatability</i> < % <i>Reproducibility</i>	1

(Sumber: Besterfield, 2003)

4. RPN

RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effects* (*Severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects* (*Occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*Detection*).

2.5.3 Langkah dasar FMEA

Terdapat langkah dasar dalam proses FMEA yang dilakukan oleh tim *Design For Six Sigma* (DFSS) adalah :

1. Membangun batasan proses yang dibatasi oleh struktur proses.
2. Membangun proses pemetaan dari FMEA yang mendiskripsikan proses produksi secara lengkap dan alat penghubung tingkat hirarki dalam struktur proses dan ruang lingkup.
3. Melihat struktur proses pada seluruh tingkat hirarki dimana masing-masing parameter rancangan didefinisikan.
4. Identifikasi kegagalan potensial pada masing-masing proses.
5. Mempelajari penyebab kegagalan dari pengaruhnya.
6. Pengurutan dari bentuk kegagalan proses potensial menggunakan RPN sehingga tindakan dapat diambil untuk kegagalan tersebut.
7. Mengklasifikasikan variabel proses sebagai karakteristik khusus yang membutuhkan kendali seperti keamanan operator yang berhubungan dengan parameter proses, yang tidak mempengaruhi produk.
8. Menentukan kendali proses sebagai metode untuk mendeteksi bentuk kegagalan atau penyebab. Terdapat dua tipe kendali, yaitu :
 - a. Rancangan yang digunakan untuk mencegah penyebab atau bentuk kegagalan dan pengaruhnya.
 - b. Kegiatan tersebut dilakukan untuk mendeteksi penyebab dalam tindakan korektif.
9. Identifikasi saat mengukur tindakan korektif. Menurut nilai RPN, tim melakukannya dengan :
 - a. Mentransfer resiko kegagalan pada sistem diluar ruang lingkup pekerjaan.
 - b. Mencegah seluruh kegagalan.
 - c. Meminimumkan resiko kegagalan dengan :
10. Analisa, dokumentasi dan memperbaiki FMEA secara terus menerus.

2.5.4 Identifikasi Elemen-Elemen FMEA Proses

Element FMEA dibangun berdasarkan informasi yang mendukung analisa. Beberapa elemen-elemen FMEA adalah sebagai berikut:

1. Nomer FMEA (*FMEA Number*)
Berisi nomer dokumentasi FMEA yang berguna untuk identifikasi dokumen.
2. Jenis (*item*)
Berisi nama dan kode nomer sistem, subsistem atau komponen dimana akan dilakukan analisa FMEA.
3. Penanggung Jawab Proses (*Process Responsibility*)
Adalah nama departemen/bagian yang bertanggung jawab terhadap berlangsungnya proses item diatas.
4. Disiapkan Oleh (*Prepared by*)
Berisi nama, nomer telpon, dan perusahaan dari personal yang bertanggung jawab terhadap pembuatan FMEA ini.
5. Tahun Model (*Model Years*)
Adalah kode tahun pembuatan item.
6. Tanggal Berlaku (*Key Date*)
Adalah FMEA *due date* dimana harus sesuai dengan jadwal.
7. Tanggal FMEA (*FMEA Date*)
Tanggal dimana FMEA ini selesai dibuat dengan tanggal revisi terkini.
8. Tim Inti (*Core Team*)
Berisi daftar nama anggota tim FMEA serta departemennya.
9. Fungsi Proses (*Process Function*)
Adalah deskripsi singkat mengenai proses pembuatan item dimana sistem akan dianalisa
10. Bentuk Kegagalan Potensial (*Potential Failure Mode*)
Merupakan suatu kejadian dimana proses dapat dikatakan secara potensial gagal untuk memenuhi kebutuhan proses atau tujuan akhir produk.
11. Efek Potensial dari Kegagalan (*Potential Effect of Failure*)
Merupakan suatu efek dari bentuk kegagalan terhadap pelanggan. Dimana setiap perubahan dalam variabel yang mempengaruhi proses akan menyebabkan proses itu menghasilkan produk diluar batas-batas spesifikasi.
12. Tingkat Keparahan (*Severity*)
Penilaian keseriusan efek dari bentuk kegagalan potensial.
13. Klasifikasi (*Classification*)

Merupakan dokumentasi terhadap klasifikasi karakter khusus dari subproses untuk menghasilkan komponen, sistem atau subsistem tersebut.

14. Penyebab Potensial (*Potential Cause*)

Adalah bagaimana kegagalan tersebut bisa terjadi. Dideskripsikan sebagai sesuatu yang dapat diperbaiki.

15. Keterjadian (*Occurrence*)

Adalah sesering apa penyebab kegagalan spesifik dari suatu proyek tersebut terjadi.

16. Pengendali Proses saat ini (*Current Process Control*)

Merupakan deskripsi dari alat pengendali yang dapat mencegah atau memperbesar kemungkinan bentuk kegagalan terjadi atau mendeteksi terjadinya bentuk kegagalan tersebut

17. Deteksi (*Detection*)

Merupakan penilaian dari kemungkinan alat tersebut dapat mendeteksi penyebab potensial terjadinya suatu bentuk kegagalan.

18. Nomor Prioritas Resiko (*Risk Priority Number*)

Merupakan angka prioritas resiko yang didapatkan dari perkalian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*

$$\mathbf{RPN = S * O * D}$$

19. Tindakan yang direkomendasikan (*Recommended Action*)

Setelah bentuk kegagalan diatur sesuai peringkat RPNnya, maka tindakan perbaikan harus segera dilakukan terhadap bentuk kegagalan dengan nilai RPN tertinggi.

20. Penanggung jawab Tindakan yang Direkomendasikan (*Responsibility (for the Recommended Action)*)

Mendokumentasikan nama dan departemen penanggung jawab tindakan perbaikan tersebut serta target waktu penyelesaian.

21. Tindakan yang Diambil (*Action Taken*)

Setelah tindakan diimplementasikan, dokumentasikan secara singkat uraian tindakan tersebut serta tanggal efektifnya.

22. Hasil RPN (*Resulting RPN*)

Setelah tindakan perbaikan diidentifikasi, perkiraan dan rekam *Occurrence*, *Severity*, dan *Detection* baru yang dihasilkan serta hitung RPN yang baru. Jika tidak ada tindakan lebih lanjut diambil maka beri catatan mengenai hal tersebut.

23. Tindak Lanjut (*Follow Up*)

Dokumentasi proses FMEA ini akan menjadi dokumen hidup dimana akan dilakukan perbaikan terus menerus sesuai kebutuhan perusahaan.

2.6 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Kusumadewi dan Purnomo (2004), mengatakan bahwa gugus *fuzzy* adalah media komunikasi yang berbicara mengenai logika alami dan kompleksitas diantara manusia dan pengetahuan sosial. Ketika kita belajar lebih banyak mengenai sebuah sistem, maka kerumitannya akan berkurang dan tingkat pemahaman serta pengertian yang diusahakan oleh metode komputasi menjadi semakin berguna dalam permodelan sistem. Dalam suatu sistem yang paling rumit dimana hanya tersedia data numerik dan mungkin hanya terdapat informasi yang bersifat tidak jelas atau ambigu, logika *fuzzy* menyediakan cara untuk memahami perilaku sistem dengan menyisipkan perkiraan antara *input* dan keluaran *output*.

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), terdapat beberapa alasan mengapa logika *fuzzy* digunakan orang, antara lain :

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat mengaplikasikan pengalaman- pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

2.6.1 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), menyatakan bahwa fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya (sering disebut juga dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai dengan 1.

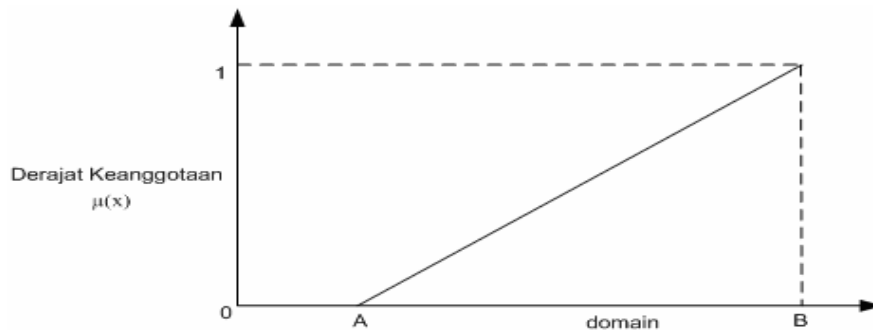
Fungsi keanggotaan menggambarkan ke-*fuzzy*-an atau keambigua-an dalam *fuzzy* set. Apakah elemen-elemen dalam set bersifat deskret atau kontinu dalam bentuk grafik. Namun, bentuk yang digunakan untuk menggambarkan ke-*fuzzy*-an hanya memiliki sangat sedikit batasan sehingga dapat dikatakan bahwa aturan-aturan yang digunakan untuk menggambarkan ke *fuzzy*-an secara grafik juga bersifat *fuzzy*.

2.6.2 Representasi Keanggotaan *Fuzzy*

Fungsi keanggotaan *fuzzy* dapat didefinisikan sebagai permukaan himpunan *fuzzy*, yang merupakan bagian dari himpunan tersebut. Kontur dari suatu himpunan *fuzzy* menunjukkan properti semantik dari konsep *fuzzy* tersebut. Kusumadewi dan Purnomo (2004), mengatakan bahwa beberapa macam bentuk representasi himpunan *fuzzy* adalah sebagai berikut :

1. Representasi Linear

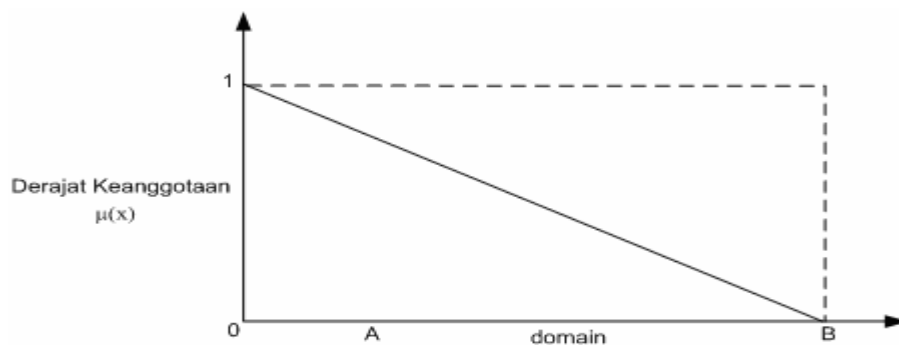
Pada representasi linear, permukaan digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini adalah bentuk yang paling sederhana. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



Gambar 2.3. Representasi Linear Naik

(Sumber: Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang derajat keanggotaannya lebih rendah.

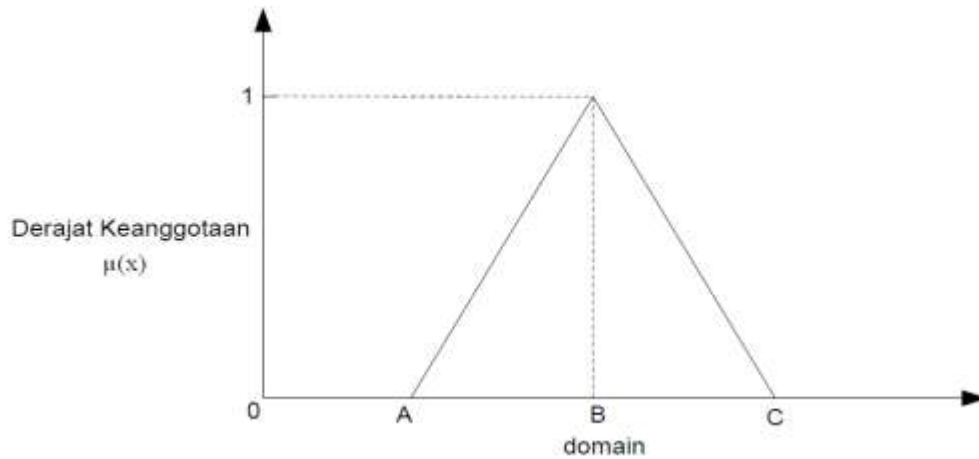


Gambar 2.4. Representasi Linear Turun

(Sumber: Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

2. Representasi Kurva Segitiga

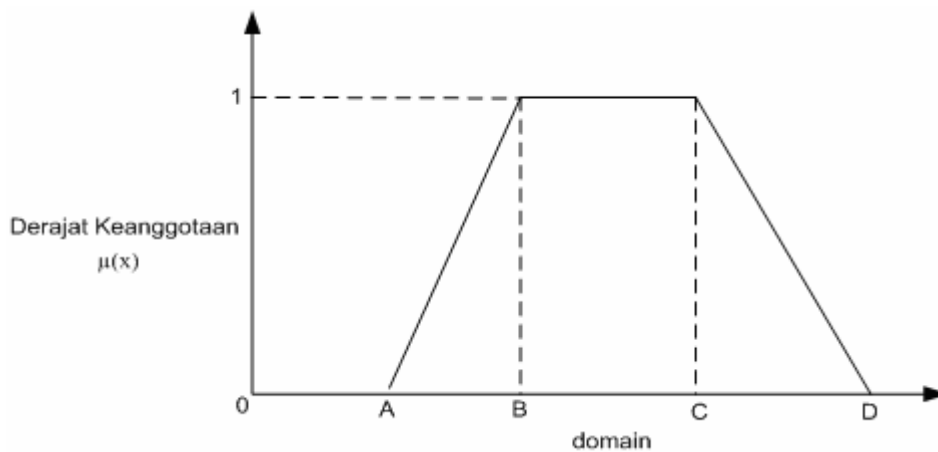
Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 (garis linear)



Gambar 2.5. Representasi Kurva Segitiga
(Sumber: Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.6. Representasi Kurva Trapesium
(Sumber: Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

2.6.3 Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy*

dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output* (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI seperti:

1. Metode *Centroid (Composite Moment)*

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

2. Metode Bisektor

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

3. Metode *Mean of Maximum (MOM)*

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4. Metode *Largest of Maximum (LOM)*

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

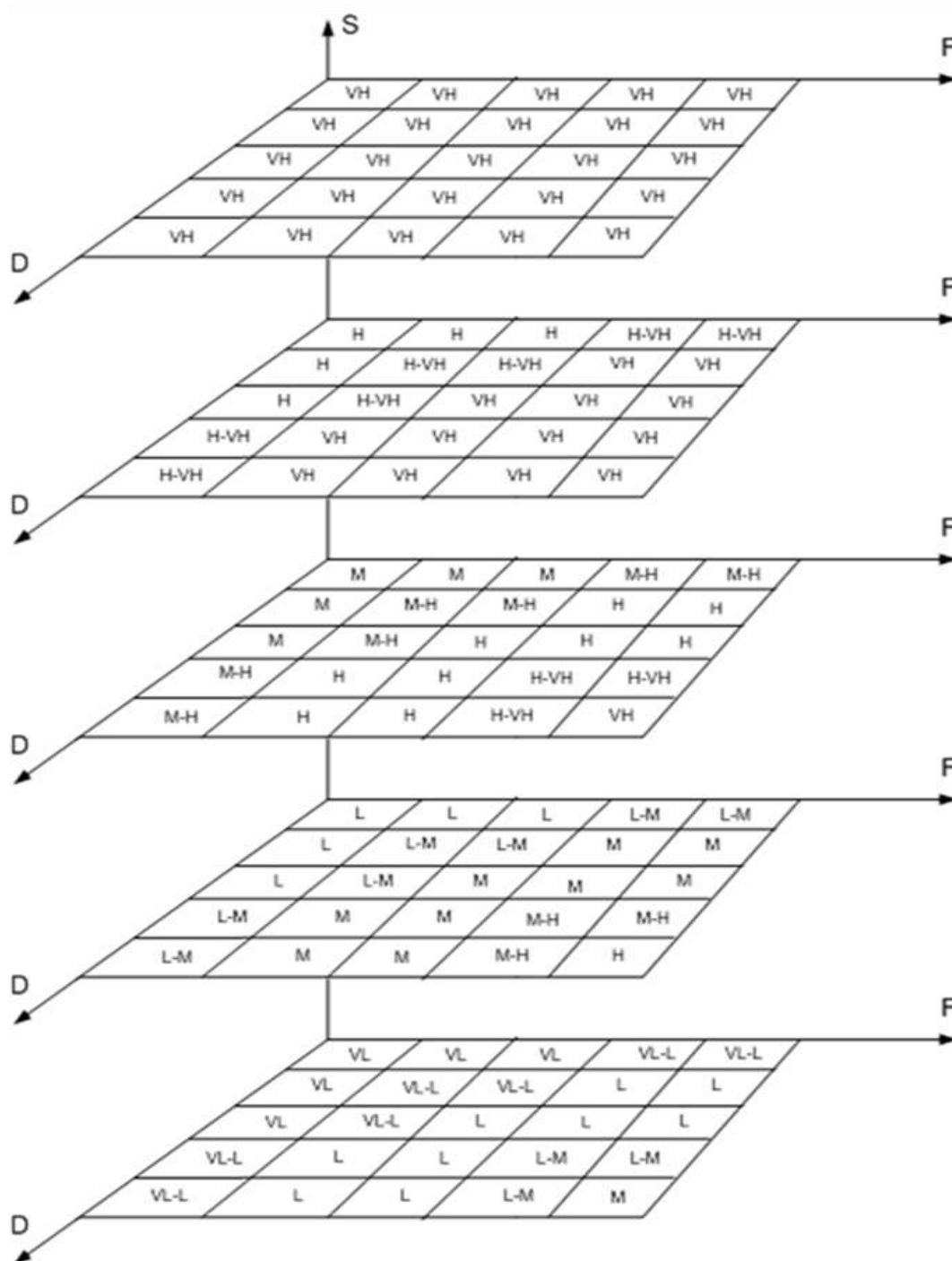
5. Metode *Smallest of Maximum (SOM)*

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.7 Fuzzy FMEA

Fuzzy FMEA merupakan metodologi yang memakai logika *fuzzy* dalam mengidentifikasi permasalahan atau penyebab kegagalan yang terjadi melalui pertimbangan kriteria *severity*, *occurrence* dan *detectability*. Logika *fuzzy* pada metode FMEA ini dapat dikombinasikan antara *severity*, *occurrence*, dan *detectability* untuk struktur hasil yang lebih fleksibel.

Fuzzy FMEA memakai aturan-aturan *fuzzy* yang didapatkan dari formulasi linguistik kedalam bentuk “*If-Then*” rules melalui variabel linguistik dari kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detectability* sebagai *input* numeriknya dengan *range rating* antara 1-10 untuk kemudian diterjemahkan kedalam bentuk linguistik *Very Low (VL)*, *Low (L)*, *Moderate (M)*, *High (H)* dan *Very High (VH)*. Untuk *output* FRPN yang memiliki *range* dari 1-1000 merupakan hasil perkalian matematis *input* numerik (S,O dan D) kemudian diterjemahkan ke dalam bentuk linguistik yaitu *Very Low (VL)*, *Very Low-Low (VL-L)*, *Low (L)*, *Low-Moderate (L-M)*, *Moderate (M)*, *Moderate (M)*, *Moderate – High (M – H)*, *High (H)*, *High – Very High (H-VH)*, *Very High (VH)* (Puente, 2002).



Gambar 2.7 Matriks *Fuzzy FMEA Rules*
(Sumber: Puente, 2002)

2.7.1 Nilai Variabel *Input Fuzzy FMEA*

Input yang digunakan dalam logika *fuzzy* adalah indeks *severity*, *Occurrence*, dan *detection* yang dikategorikan menjadi 5 tingkat kepentingan bilangan. Kategori untuk variabel *input Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* terdapat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kategori Indeks Bilangan *Crisp Severity*, *Occurrence* dan *Detection*

Nilai			Kategori
S	O	D	
1	1	1	VL
2,3	2,3	2,3	L
4,5,6	4,5,6	4,5,6	M
7,8	7,8	7,8	H
9,10	9,10	9,10	VH

(Sumber: Puente, 2002)

Untuk parameter fungsi keanggotaan dan tipe kurva variabel *input* terdapat pada Tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5 Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel *Input*

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
VL	Trapesium	[0 0 1 2.5]
L	Segitiga	[1 2.5 4.5]
M	Trapesium	[2.5 4.5 5.5 7.5]
H	Segitiga	[5.5 7.5 9]
VH	Trapesium	[7.5 9 10 10]

(Sumber: Puente, 2002)

2.7.2 Nilai Variabel *Output Fuzzy FMEA*

Nilai *output* yang dihasilkan berupa FRPN juga dimasukkan nilai keanggotaannya dengan memasukkan nilai *range* 1 sampai 1000. Kemudian diisi nilai parameter yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel *Output*

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
VL	Trapesium	[0 0 25 75]
VL-L	Segitiga	[25 75 125]

L	Segitiga	[75 125 200]
L-M	Segitiga	[125 200 300]
M	Segitiga	[200 300 400]
M-H	Segitiga	[300 400 500]
H	Segitiga	[400 500 700]
H-VH	Segitiga	[500 700 900]
VH	Trapesium	[700 900 1000 1000]

(Sumber: Puente, 2002)

Setelah itu adalah menentukan urutan berdasarkan peringkat prioritas dari permasalahan yang ada sehingga nantinya akan lebih mudah untuk melakukan penyelesaian masalah. Kategori FRPN dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Kategori untuk Nilai FRPN

Kategori	Kelas Interval Nilai FRPN
VL	1-49
VL-L	50-99
L	100-149
L-M	150-249
M	250-349
M-H	350-449
H	450-599
H-VH	600-799
VH	800-1000

(Sumber: Puente, 2002)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menggambarkan langkah-langkah atau kerangka berpikir yang akan dijalankan pada penelitian ini. Tujuan dari pembuatan metodologi penelitian ini adalah agar proses dalam penelitian ini terstruktur dengan baik dan dapat mencapai sasarannya. Metodologi penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan proses penelitian atau urutan langkah yang harus dilakukan. Adapun metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Jenis dan Sumber Data

Salah satu langkah awal yang dilakukan dalam menyusun laporan penelitian adalah mengumpulkan data dari perusahaan yang akan diteliti. Data merupakan salah satu unsur penting sebagai masukan dalam melakukan pengolahan data untuk dibahas dalam laporan ini. Data yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer merupakan data utama yang diperlukan dalam melakukan penelitian. Sumber data diperoleh langsung tanpa perantara dan merupakan hasil observasi langsung. Pengumpulan data primer ini dilakukan dengan cara mengamati secara langsung di pabrik. Data primer yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data jumlah cacat dan penyebab dari terjadinya cacat.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari data yang telah diteliti dan dikumpulkan oleh pihak yang berkaitan dengan permasalahan seperti buku atau literatur yang ada kaitannya dengan pengendalian kualitas menggunakan metode *FMEA* dengan logika *fuzzy*. Data sekunder yang dikumpulkan dalam penelitian ini seperti data umum perusahaan, data proses produksi *Sprocket Timing KVB*, karakteristik cacat dan deskripsi cacat.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan pada PT Diametral Involute, Karawang. Berikut adalah metode pengumpulan data dalam laporan ini:

1. Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan telaah literatur atau sumber pustaka yang berkaitan dengan metode penelitian yang dilakukan. Studi pustaka dilakukan dengan membaca buku-buku referensi, jurnal dan *website* yang berkaitan dengan permasalahan yang akan di bahas seperti metode FMEA dan logika *fuzzy*.

2. Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan studi yang dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi aktual perusahaan, proses produksi yang berlangsung dan dapat mengetahui masalah yang dihadapi oleh perusahaan. Studi lapangan dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan (pabrik) khususnya pada proses produksi *Sprocket Timing KVB*.

3. Identifikasi Masalah

Langkah selanjutnya setelah dilakukan studi lapangan adalah menetapkan masalah yang akan dicari solusinya. Dari pengamatan yang dilakukan, ternyata ditemukan adanya temuan yang sering terjadi selama proses produksi, yang menyebabkan timbulnya produk cacat pada komponen *Sprocket Timing KVB* yang terjadi pada bulan Februari s.d. Maret 2017 di PT Diametral Involute.

4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk merumuskan masalah apa saja yang ada pada penelitian ini. Sehingga dapat memudahkan dalam penetapan tujuan penelitian.

5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini secara garis besarnya adalah pengendalian kualitas produk *Sprocket Timing KVB* dengan penerapan metode FMEA dan logika *fuzzy*.

6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan objek yang akan diteliti untuk membantu penyelesaian masalah yang terjadi dalam penelitian pada PT Diametral Involute. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Wawancara dilakukan dengan pihak terkait, *Supervisor* dan *staff* perusahaan, untuk memperoleh informasi mengenai permasalahan yang terjadi pada perusahaan.

- b. *Brainstorming* dilakukan dengan bertukar informasi dengan pihak terkait perusahaan untuk menghasilkan ide yang dapat digunakan sebagai solusi terhadap permasalahan yang dihadapi.
- c. Pengamatan langsung pada rantai produksi untuk mengetahui proses produksi secara keseluruhan. Serta mengamati volume produksi yang dicapai untuk jam kerja normal.

7. Pengolahan Data

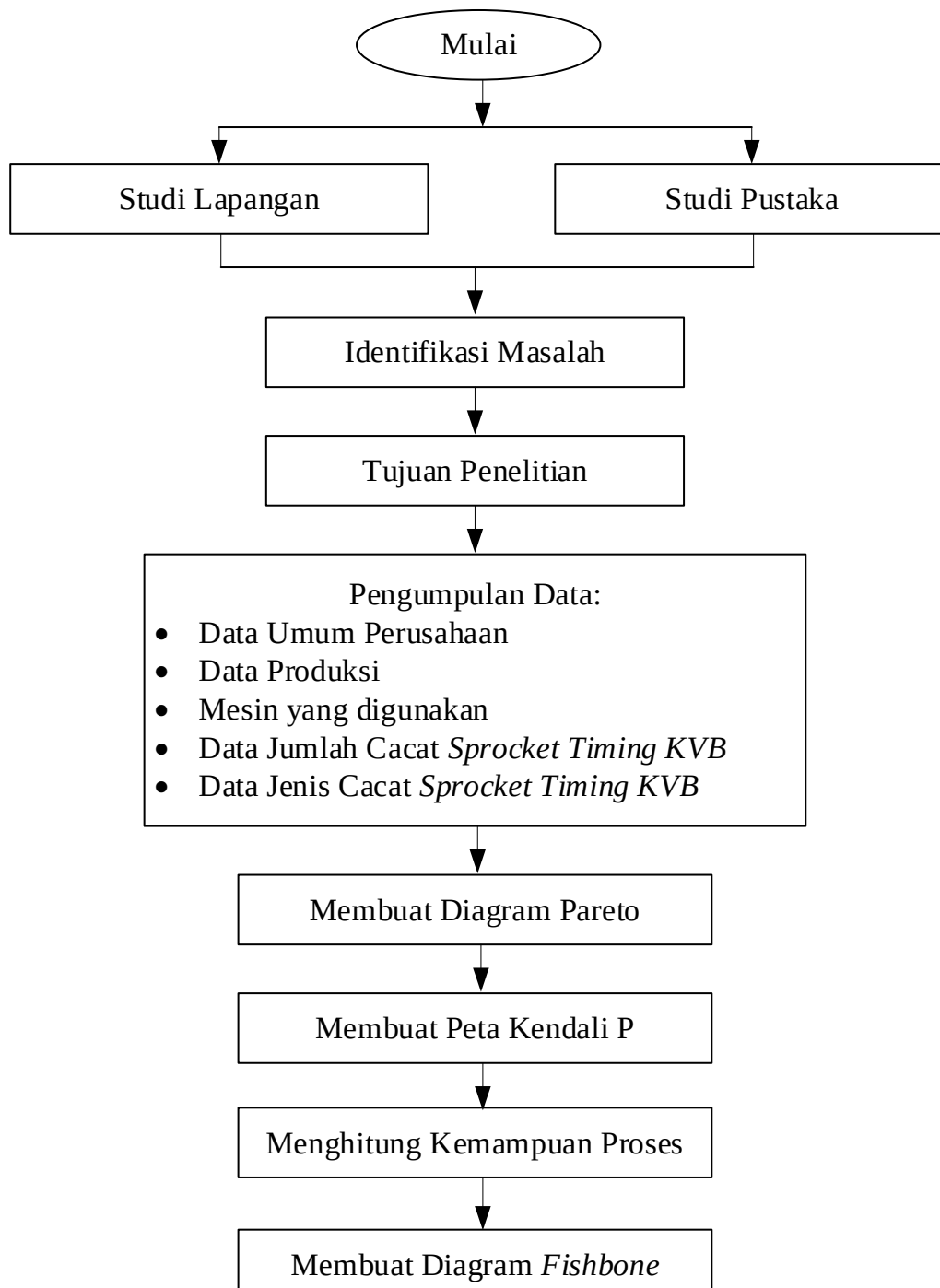
Berdasarkan data yang telah dikumpulkan maka selanjutnya dilakukan langkah-langkah pengolahan data, yaitu:

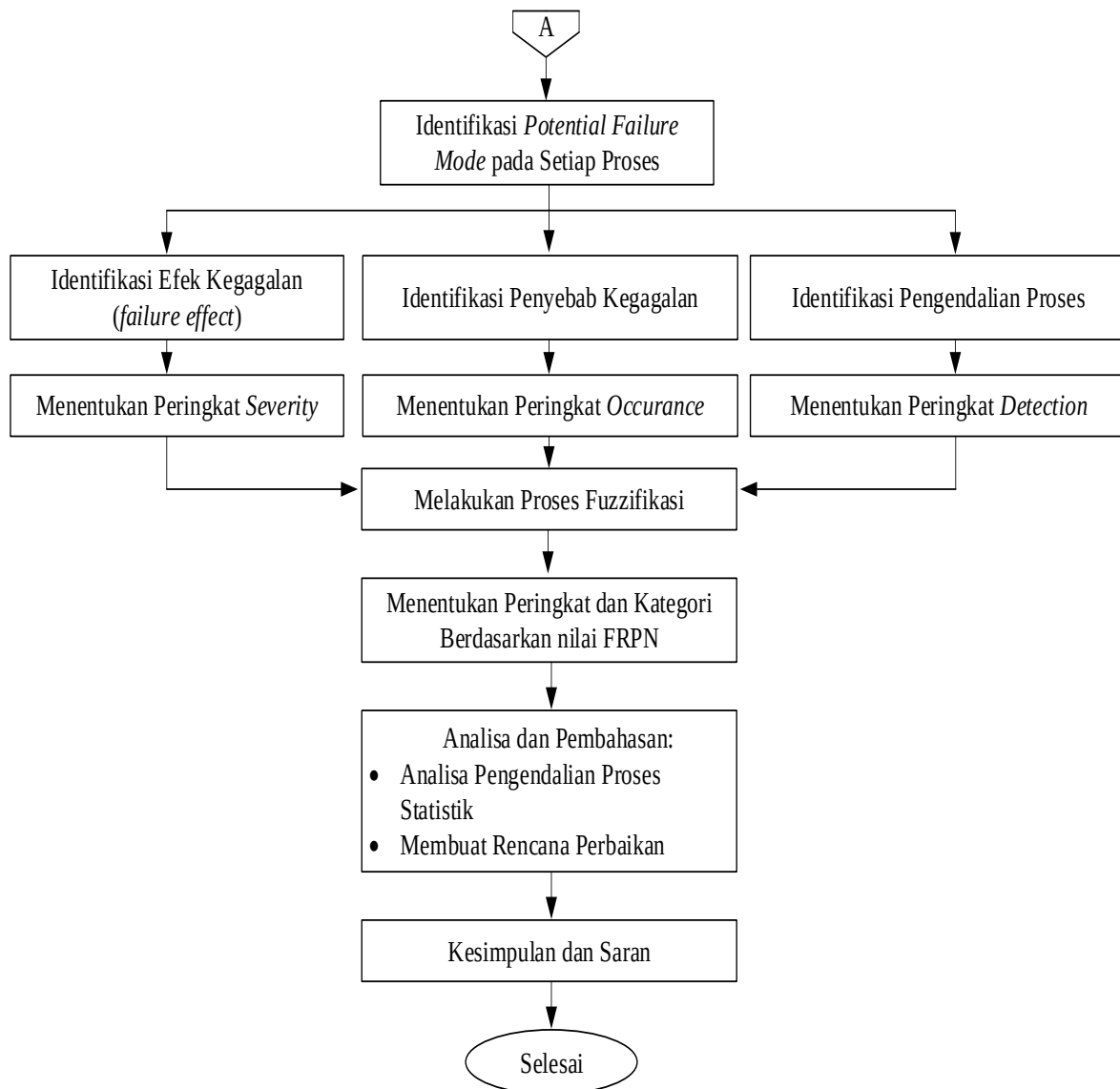
1. Pemilihan produk yang akan diteliti. Pemilihan produk berdasarkan frekuensi cacat.
2. Pembuatan Diagram Pareto untuk mengidentifikasi karakteristik cacat atribut yang paling dominan untuk kemudian diprioritaskan dalam penelitian
3. Perhitungan batas pengendalian statistik dengan menggunakan perhitungan peta kendali P dan perhitungan kapabilitas proses.
4. Tahapan pengolahan data untuk Metode *Fuzzy FMEA*. Tahapannya adalah sebagai berikut:
 - a. Melakukan proses fuzzifikasi, yaitu proses yang mengubah *crisp inputs* menjadi *fuzzy inputs* yaitu dalam bentuk linguistik variabel dengan nilai keanggotaan (*membership function*) masing-masing.
 - b. Mengevaluasi input dengan aturan yang ada.
 - c. Melakukan proses defuzzifikasi, yaitu mengubah *fuzzy outputs* menjadi *crisp outputs*.
 - d. Menentukan *ranking* prioritas untuk menentukan penyebab kegagalan proses mana yang harus diprioritaskan untuk diselesaikan.

Setelah memperoleh data yang dibutuhkan dan mendapatkan hasil dari pengolahan data, selanjutnya dapat dilakukan analisa dan pembahasan terhadap permasalahan yang diteliti berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan diolah sehingga gambaran keseluruhan mengenai permasalahan yang dihadapi perusahaan dapat kita peroleh.

3.3 Teknik Analisis

Teknik analisis data yang dijelaskan dapat digambarkan menjadi suatu diagram kerangka pemecahan masalah yang merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Kerangka pemecahan masalah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Alur Pemecahan Masalah

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Profil PT Diametral Involute

Profil perusahaan dari PT Diametral Involute sendiri adalah sebagai berikut:

Nama	: PT Diametral Involute
Alamat	: Jl. Mitra Selatan Blok I / No. 1 Kawasan Industri Mitra Karawang Jawa Barat 41361 Indonesia
Telepon	: +62 267 863-4058, 863-4059
Email	: marketing@diametral-involute.co.id
Website	: www.diametral-involute.co.id
Plant Area	: 24.000 m ²
Man Power	: 520 orang
Direktur Utama	: Sugiarto
Pelanggan utama dari PT Diametral Involute yaitu:	

1. PT Astra Honda Motor
2. PT Yamaha Indonesia Motor Manufacturing
3. PT Kawasaki Motor Indonesia
4. PT Morita Tjokro Gearindo
5. PT Suzuki Indo Mobil Motor
6. PT Komatsu Indonesia
7. PT Kobayashi Auto Part Indonesia
8. PT Isuzu Astra Motor Indonesia
9. PT Autotech Indonesia
10. PT Sinar Alum Sarana
11. PT Toyoda Gosei Indonesia

4.1.1 Sejarah dan Data Umum PT Diametral Involute

PT Diametral Involute merupakan salah satu perusahaan industri logam yang bergerak dalam bidang *spare part* mesin. Pada awalnya PT Diametral Involute adalah Departemen *Eksport* pada PT Morita Tjokro Gearindo yang dibentuk pada tahun 1991. Departemen *Eksport* merupakan salah satu dari beberapa Departemen yang ada di PT Morita Tjokro Gearindo. Kemudian pada tanggal 1 Mei 1994 Departemen *Eksport* memisahkan diri secara administratif, dari PT Morita Tjokro Gearindo.

Tanggal 16 Agustus 1995 Departemen *Eksport* memisahkan diri baik secara hukum maupun fisik dengan lokasi sementara menempati bekas *Heavy Duty* Departemen PT PIMSF dan berdiri sendiri dengan nama PT Diametral Involute.

Pada tanggal 26 Oktober 1996 PT Diametral Involute mulai menempati pabrik baru dengan luas: 16.162 m² beralamat di Jl. Raya Setu Desa Rawa Banteng RT 004 RW 06 Cibitung, Bekasi. Dengan memperkirakan karyawan sekitar 72 orang terdiri atas 19 orang staf dan 53 orang *work shop* serta dengan telah menempati pabrik yang baru, PT Diametral Involute berusaha untuk meningkatkan pelayanan dan mutu produk kepada pelanggannya.

Tahun 1998 langkah-langkah untuk peningkatan mutu terus diupayakan salah satunya adalah dengan dilaksanakannya pelatihan terhadap karyawan mengenai kesadaran mutu, guna persiapan untuk memenuhi target yang direncanakan oleh manajemen untuk mendapatkan Sertifikasi ISO 9002 Tahun 1999 JKT 0403429.

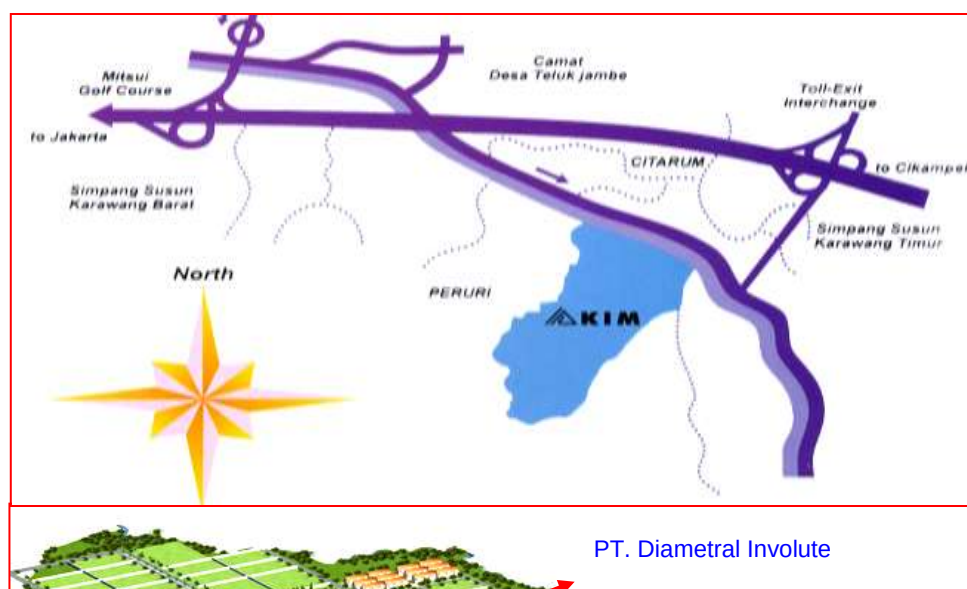
Tahun 2001 PT Diametral Involute menempati lokasi baru beralamat di Jl. Puogadung 12 Kawasan Industri Pulogadung, Jakarta Timur. Mulai pada tahun 2001 PT Diametral Involute memulai konsep baru dari *eksport* menjadi memproduksi masal ke pasar lokal. PT Diametral Involute memulainya dari Pabrik kecil yang terdiri dari empat *Plant*, yaitu *Plant A*, *B*, *C* dan *D* dengan jumlah karyawan kurang dari 100 orang. Kepindahan ini guna mendekatkan pada sumber bahan baku dan dukungan produksi lainnya sekaligus untuk menjawab tantangan globalisasi pasca kritis ekonomi.

Pada tanggal 10 Mei 2004 PT Diametral Involute mendapatkan sertifikasi ISO: 2000 dari badan akreditasi *Lloyd's Register* dengan nomor sertifikat 0403429. Seiring dengan semakin meningkatnya permintaan pelanggan, PT Diametral Involute menambah lokasi produksi. Pada tanggal 15 Desember 2006 PT Diametral Involute membuka *Factory Plant* baru yang bertempat di Jl. Jatinegara Timur no. 45 Jakarta Timur yang bertujuan

untuk menghasilkan produk jenis Pin dan *Shaft*. Bulan Januari 2010 *Factory Plant* yang berada di Jl. Jatinegara Timur no. 45 dipindahkan ke Jl. Pulogadung no. 24 Kawasan Industri Pulogadung.

Mulai pada tahun 2010 PT Diametral Involute fokus kepada keinginan pelanggan dan melakukan perbaikan dalam sistem produksi. Seiring dengan meningkatnya volume produksi yang harus dipenuhi serta untuk meningkatkan efisiensi pengiriman produk kepada pelanggan, pada bulan Juli 2012 PT Diametral Involute telah menambah *plant* baru seluas 8,4 hektar di Jl. Mitra Raya Selatan 2 blok I Kawasan Mitra Karawang, Karawang Timur, Jawa Barat.

Saat ini, PT Diametral Involute dengan komitmen penuh dari manajemen dan seluruh karyawan siap menerapkan kebijakan untuk memberikan kepuasan kepada pelanggan dengan kualitas produk yang terbaik, harga yang bersaing, memprioritaskan keamanan kepada setiap pekerja, peningkatan kepedulian terhadap manajemen lingkungan, perbaikan terus menerus dan mempekerjakan orang-orang yang ahli di dalam bidangnya. Selain itu PT Diametral involute juga menerapkan sistem mutu sesuai dengan persyaratan ISO – 9001: 2008 guna meningkatkan kepuasan pelanggan. Berikut dibawah ini adalah peta lokasi PT Diametral Involute di daerah Kawasan Industri Mitra Karawang pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Peta Lokasi PT Diametral Involute

(Sumber: PT Diametral Involute)

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Visi berdasarkan bahasa berarti pandangan atau wawasan ke depan. Sedangkan berdasarkan istilah berarti suatu pandangan jauh tentang perusahaan, tujuan perusahaan dan apa yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut pada masa yang akan datang. PT Diametral Involute sendiri memiliki visi yaitu: Menjadi perusahaan komponen manufaktur terbaik di pasar lokal dan internasional.

Kemudian untuk misi sendiri adalah pernyataan tentang apa yang harus dikerjakan oleh lembaga dalam usaha mewujudkan visi. Misi perusahaan adalah tujuan dan alasan mengapa perusahaan itu ada. Misi juga akan memberikan arah sekaligus batasan proses pencapaian tujuan. Untuk misi yang dimiliki oleh PT Diametral Involute sendiri yaitu:

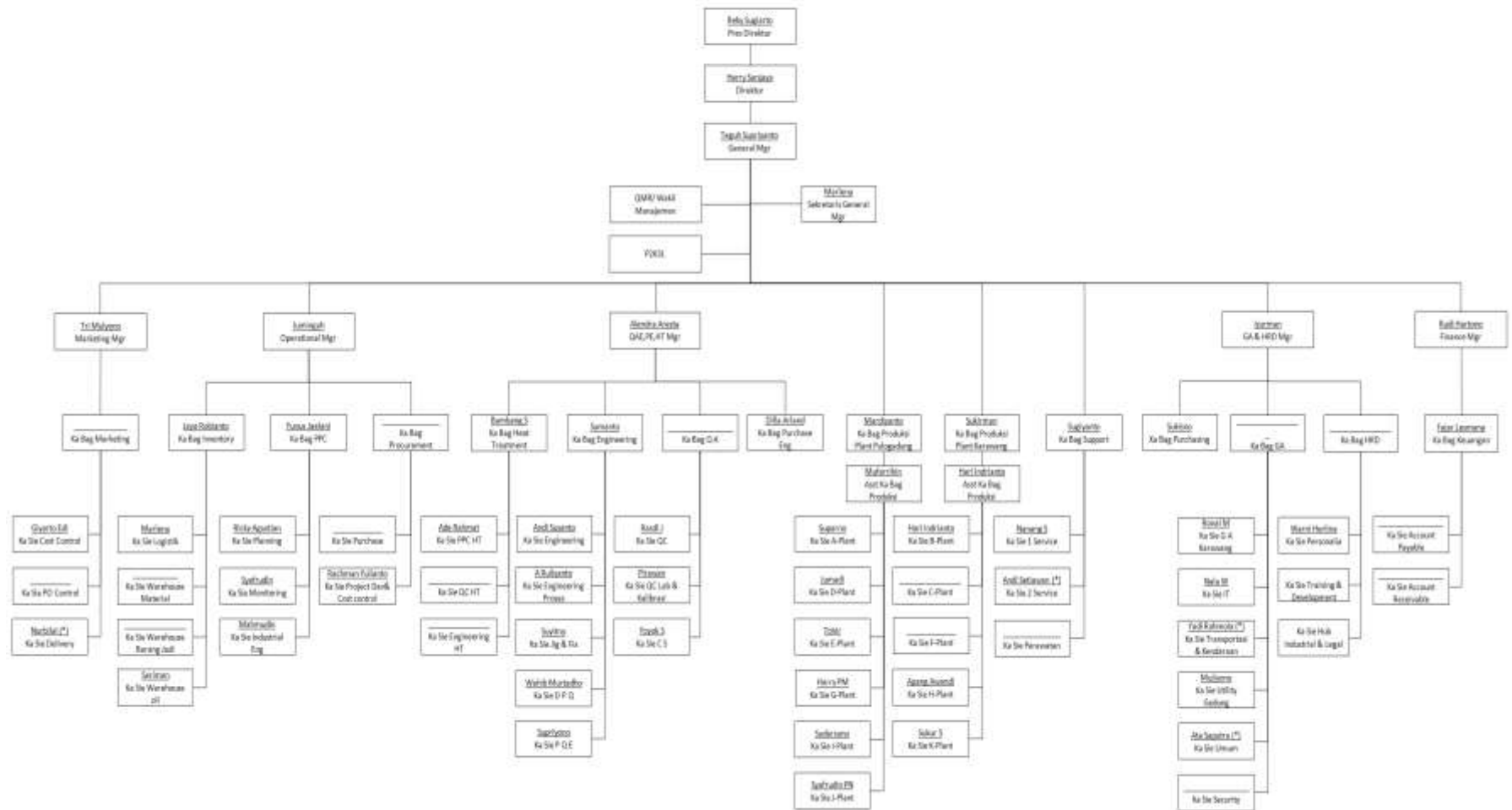
1. Menjaga pertumbuhan perusahaan yang berkelanjutan.
2. Mengoptimalkan produksi serta meningkatkan *item content part*.
3. Meningkatkan daya saing perusahaan dengan mengutamakan kualitas QCDSMI (*Quality, Cost, Delivery, Safety, Morality, & Innovation*) guna memenuhi kepuasan pelanggan.

4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan

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

Struktur organisasi PT Diametral Involute disusun berdasarkan fungsi-fungsi yang dibutuhkan di dalam perusahaan seiring dengan perkembangan usaha. Struktur organisasi dari PT Diametral Involute terdapat pada gambar 4.2 berikut:

STRUKTUR ORGANISASI



Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT Diametral Involute

(sumber: PT Diametral Involute)

4.1.4 Pengaturan Jam Kerja di PT Diametral Involute

PT Diametral Involute memberlakukan 5 hari kerja dalam seminggu bagi seluruh karyawannya. PT Diametral Involute membagi jam kerja karyawan operatornya ke dalam 3 *shift*. Pengaturan jam kerja pada PT Diametral Involute dapat dilihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Jam Kerja PT Diametral Involute *Shift 1*

<i>Shift</i>	Mulai – Selesai	Kegiatan
<i>Shift 1</i>	07.30 - 07.40	<i>Briefing Pagi</i>
	07.40 - 07.45	<i>Preparing</i>
	07.45 - 11.45	Bekerja
	11.45 - 12.30	Istirahat
	12.30 - 16.10	Bekerja
	16.10 - 16.15	Bersih-bersih

(Sumber: PT Diametral Involute)

Tabel 4.2 Jam Kerja PT Diametral Involute *Shift 2*

<i>Shift</i>	Mulai – Selesai	Kegiatan
<i>Shift 2</i>	16.15 - 16.25	<i>Briefing Sore</i>
	16.25 - 16.30	<i>Preparing</i>
	16.30 - 18.30	Bekerja
	18.30 - 19.30	Istirahat
	19.30 - 00.55	Bekerja
	00.55 - 01.00	Bersih-bersih

(Sumber: PT Diametral Involute)

Tabel 4.3 Jam Kerja PT Diametral Involute *Shift 3*

<i>Shift</i>	Mulai – Selesai	Kegiatan
<i>Shift 3</i>	01.00 - 01.05	<i>Preparing</i>
	01.05 - 04.30	Bekerja
	04.30 - 05.00	Istirahat
	05.00 - 07.25	Bekerja
	07.25 - 07.30	Bersih-bersih

(Sumber: PT Diametral Involute)

4.1.5 Mesin-Mesin Produksi PT Diametral Involute

Mesin-mesin yang dimiliki PT Diametral Involute dalam memproduksi produknya dapat dilihat Pada Tabel 4.4 dilampirkan beberapa mesin yang terdapat pada PT Diametral involute dan digambarkan pada Gambar 4.3.

Tabel 4.4 Mesin-Mesin yang Dimiliki PT Diametral Involute

No	Mesin	Jumlah
1	<i>CNC Lathe Machine</i>	191 unit
2	<i>Gear Hobbing Machine</i>	81 unit
3	<i>Conventional Lathe Machine</i>	12 unit
4	<i>Drilling Machine</i>	17 unit
5	<i>Gear Deburring Machine</i>	8 unit
6	<i>Gear Shaper Machine</i>	17 unit
7	<i>Gear Shaver Machine</i>	5 unit
8	<i>Inner Dia Grinding Machine</i>	9 unit
9	<i>Outter Dia Grinding Machine</i>	25 unit
10	<i>Thread Rolling Machine</i>	3 unit
11	<i>Vertical Machining Center</i>	6 unit
12	<i>Milling Machine</i>	18 unit
13	<i>Mig Welding</i>	8 unit
14	<i>Plasma Welding</i>	8 unit
15	<i>Broaching Machine</i>	4 unit

(Sumber: PT Diametral Involute)



Gambar 4.3 Mesin-Mesin Produksi PT Diametral Involute

(Sumber: PT Diametral Involute)

Pada PT Diametral Involute memiliki *plant* khusus untuk *heat treatment* yang merupakan salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan *specimen* pada elektrik *terance* pada temperatur rekristalisasi selama periode waktu tertentu. Pada Tabel 4.5 dilampirkan beberapa mesin yang terdapat pada *plant heat treatment* dan digambarkan pada Gambar 4.4.

Tabel 4.5 Jenis Mesin *Heat Treatment* PT Diametral Involute

No	Mesin	Jumlah
1	<i>Furnace Machine (DOWA)</i>	2 Unit
2	<i>Washing Machine (NACHI)</i>	1 Unit
3	<i>Sand Blasting Machine</i>	1 Unit
4	<i>Hardness Checker Machine</i>	1 Unit
5	<i>Micro Structure Checker</i>	1 Unit
6	<i>Cutting & Polishing</i>	1 Unit
7	<i>Mounting Machine</i>	1 Unit

(Sumber: PT Diametral Involute)



Gambar 4.4 Jenis Mesin *Heat Treatment* PT Diametral Involute

(Sumber: PT Diametral Involute)

4.1.6 Produksi PT Diametral Involute

Bisnis utama PT Diametral yaitu memproduksi *sparepart* kendaraan seperti *sprocket timing*, *kick spindle gear*, *gear starter* dan *ratchet starter*. Beberapa komponen yang dibuat PT Diametral Involute dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Komponen *Gear* yang Diproduksi di PT Diametral Involute

(Sumber: PT Diametral Involute)

4.1.7 Deskripsi Produk

Sprocket timing KVB merupakan *part* yang digunakan untuk sepeda motor Honda Beat. *Sprocket* adalah roda bergerigi yang berpasangan dengan benda bergerigi lainnya untuk mentransmisikan gaya putar antara dua poros.



Gambar 4.6 Deskripsi Produk *Sprocket Timing KVB Motor Honda Beat*

(Sumber: PT Diametral Involute)

4.1.8 Proses Produksi

Proses produksi *sprocket timing kvb* oleh PT. Diametral Involute melalui beberapa urutan proses, yaitu :

1. Proses *Turning* 1 dan 2

Proses *turning* 1 dan 2 diproses pada mesin CNC *Lathe*. Proses yang dilakukan pada mesin ini, yaitu pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja untuk melakukan proses *turning* 1 dan *turning* 2. Pembuatan lubang dengan ukuran $\varnothing 21$ dan penghalusan material bagian depan untuk *turning* 1 dan bagian belakang untuk untuk *turning* 2.

2. Proses *Gear*

Proses *Gear* merupakan proses yang dilakukan pada mesin *hobbing*, yaitu dilakukan pembuatan 17 mata *gear* dengan pemutaran sumbu hob dan pemakanan benda kerja dengan menggunakan *cutter* yang berputar.

3. Proses *Grooving*

Proses *Grooving* merupakan proses yang dilakukan pada mesin CNC, yaitu adalah suatu proses untuk membentuk sebuah alur pada suatu benda kerja dengan membuat alur secara horizontal.

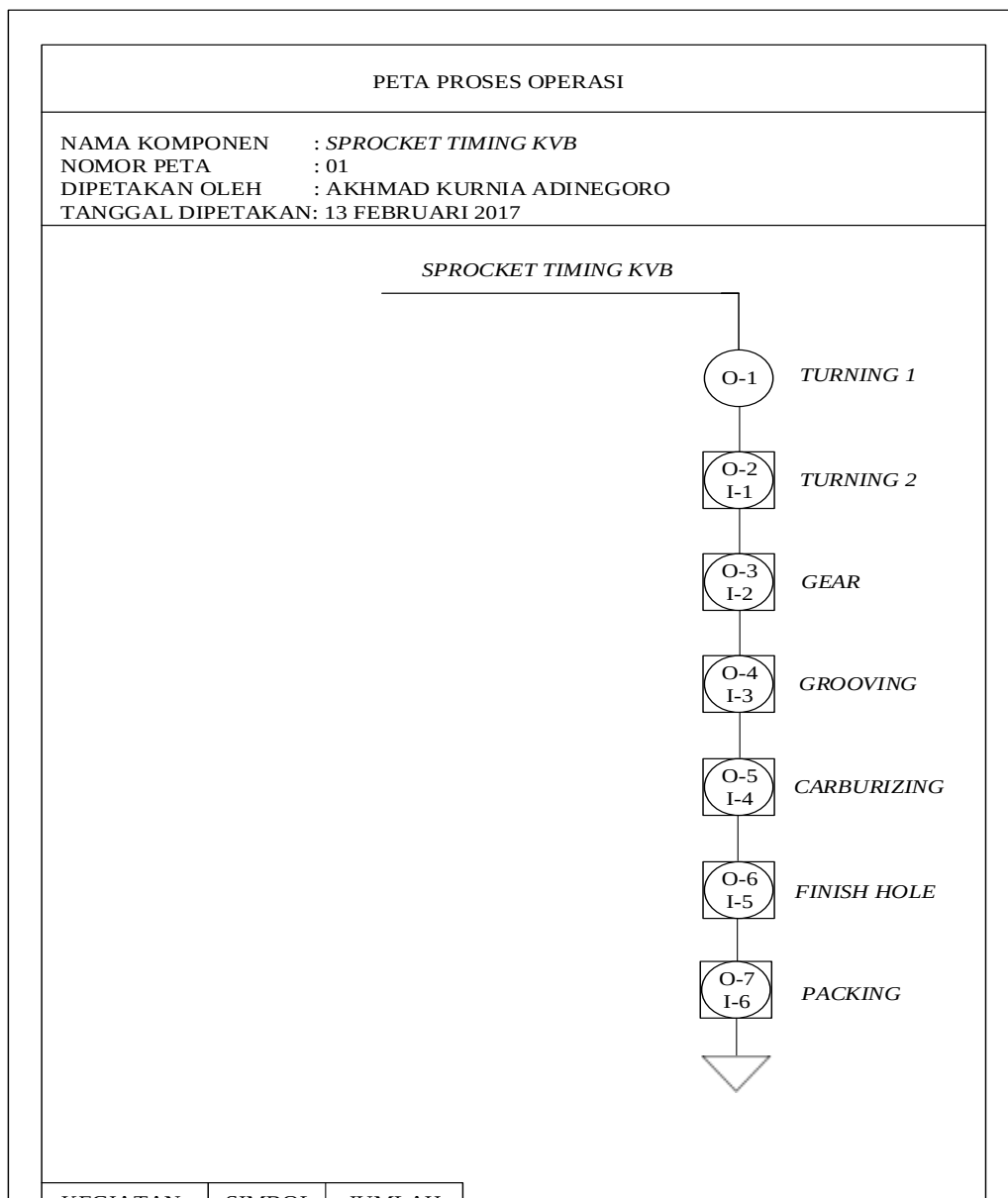
4. *Carburizing*

Carburizing merupakan proses penambahan karbon dengan cara memanaskan *part sprocket timing kvb* pada temperatur 1000 °C, Sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja.

5. *Finish Hole*

Proses *finish hole* ini menggunakan mesin CNC *auto lathe* yang berguna menghaluskan *hole* yang sudah di *Heat Treatment*.

Berikut adalah peta proses operasi untuk *sprocket timing kvb* pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Peta Proses Operasi *Sprocket Timing KVB*

4.1.9 Jenis-jenis Cacat pada Komponen *Sprocket Timing KVB*

Dalam melakukan proses produksi *sprocket timing kvb* terdapat beberapa jenis cacat, cacat tersebut disebabkan produk yang tidak sesuai dengan standar. Penyebab cacat tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu operator dan mesin. Jenis-jenis cacat pada proses produksi *sprocket timing kvb* sebagai berikut:

1. *Burry*

Burry yaitu jenis cacat yang menyisakan *scrap* yang menempel pada proses karena tidak kesempurnaan proses *machining* akibat dari *tool* yang tumpul yang menyebabkan *noise* pada saat *sprocket* digunakan.



Gambar 4.8 *Burly* pada *Sprocket Timing* KVB

(Sumber: PT Diametral Involute)

2. *Friction*

Merupakan cacat dengan ukuran mata *gear* yang tidak sama rata dengan ukuran mata *gear* lainnya sehingga apabila *sprocket* digunakan pada saat berputar akan menghasilkan *noise*.



Gambar 4.9 *Friction* pada *Sprocket Timing* KVB

(Sumber: PT Diametral Involute)

3. *Scratch*

Merupakan cacat yang terdapatnya goresan pada permukaan *part* tetapi tidak mempengaruhi fungsi dari *sprocket*.



Gambar 4.10 *Scratch* pada *Sprocket Timing* KVB

(Sumber: PT Diametral Involute)

4.2 Produksi dan Cacat

Data hasil pengamatan yang dilakukan dari bulan Februari-Maret 2017. Jumlah produk yang dihasilkan dengan cacat dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Jumlah Produksi dan Jumlah Cacat

Tanggal Produksi	Jumlah Produksi	Jenis Cacat			Jumlah Cacat
		<i>Burly</i>	<i>Friction</i>	<i>Scratch</i>	
13/02/2017	690	2	0	3	5
14/02/2017	673	3	1	0	4
15/02/2017	733	6	0	0	6
16/02/2017	720	2	5	0	7
17/02/2017	688	5	3	2	10
20/02/2017	671	1	2	0	3
21/02/2017	697	2	5	7	14
22/02/2017	704	1	4	0	5
23/02/2017	712	3	2	5	10
27/02/2017	723	1	5	6	12
28/02/2017	710	2	3	6	11
01/03/2017	703	6	0	1	7
02/03/2017	718	5	2	6	13
03/03/2017	728	4	1	3	8
06/03/2017	737	14	1	4	19
07/03/2017	729	4	2	2	8
08/03/2017	734	5	2	3	10
09/03/2017	694	2	0	0	2
10/03/2017	703	3	1	2	6

Tabel 4.6 Rekapitulasi Jumlah Produksi dan Jumlah Cacat (lanjutan)

Tanggal	Jumlah	Jenis Cacat	Jumlah
---------	--------	-------------	--------

Produksi	Produksi	<i>Burly</i>	<i>Friction</i>	<i>Scratch</i>	Cacat
13/03/2017	711	2	2	3	7
14/03/2017	718	3	1	2	6
15/03/2017	694	1	2	0	3
16/03/2017	725	3	2	1	6
17/03/2017	733	9	4	3	16
20/03/2017	741	3	1	1	5
21/03/2017	728	3	2	2	7
22/03/2017	725	8	3	4	15
23/03/2017	734	2	2	1	5
24/03/2017	703	2	3	0	5
29/03/2017	711	2	1	1	4
Total	21.390	109	62	68	239

(Sumber: PT Diametral Involute)

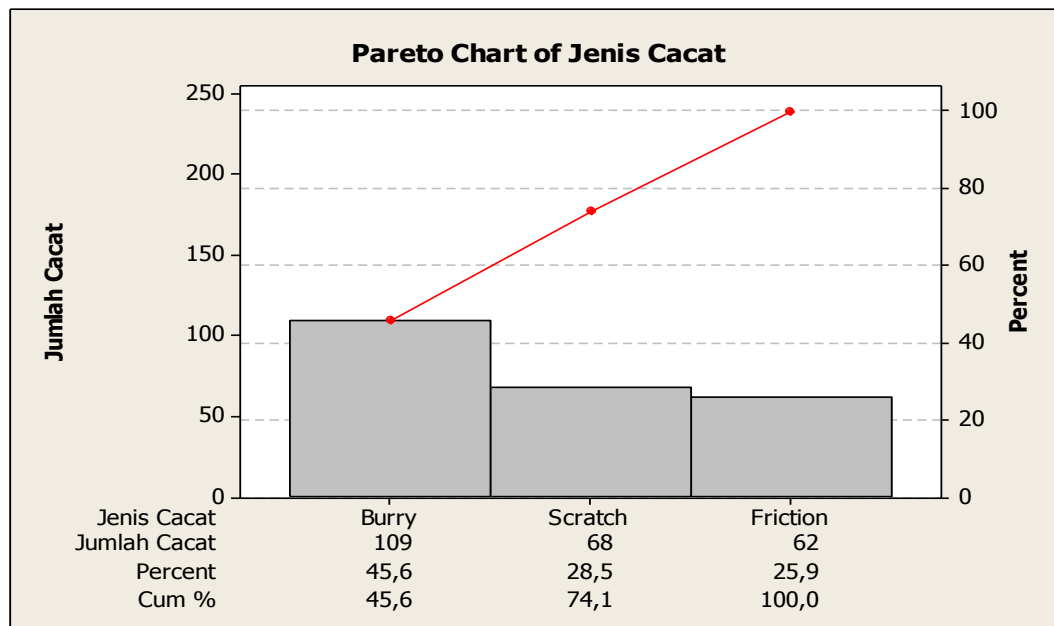
4.3 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian dari yang tertinggi sampai terkecil. Berikut rekapitulasi jumlah cacat selama pengamatan:

Tabel 4.7. Diagram Pareto Jumlah Cacat

Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Persentase (%)	Kumulatif Persentase (%)
<i>Burly</i>	109	45,6	45,6
<i>Friction</i>	62	28,5	74,1
<i>Scratch</i>	68	25,9	100
Jumlah	239	100	100

Dari tabel di atas maka dapat dibuat diagram pareto dalam menentukan cacat yang paling dominan untuk menghitung nilai DPMO dan kapabilitas *sigma sprocket timing kvb*. Diagram pareto dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram Pareto *Sprocket Timing KVB*

Dari diagram pareto tersebut diketahui persentase ketiga jenis cacat. Persentase cacat terbesar hingga terkecil, yaitu *burry* 45,6%, *scratch* 28,5% dan *friction* 25,9%.

4.4 Peta Kendali Data Atribut

Peta kendali data atribut merupakan data kualitatif yang dapat dihitung untuk pencatatan dan analisis. Jenis data atribut digunakan apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan seperti cacat. Berikut adalah rekapitulasi data produksi dan cacat pada bulan Februari 2017 sampai dengan Maret 2017:

Tabel 4.8 Jumlah Cacat dan Jumlah Produksi Bulan Februari-Maret 2017

No	Jumlah Cacat	Total Produksi
1	5	690

2	4	673
3	6	733
4	7	720
5	10	688
6	3	671
7	14	697
8	5	704

Tabel 4.8 Jumlah Cacat dan Jumlah Produksi Bulan Februari-Maret 2017 (Lanjutan)

No	Jumlah Cacat	Total Produksi
9	10	712
10	12	723
11	11	710
12	7	703
13	13	718
14	8	728
15	19	737
16	8	729
17	10	734
18	2	694
19	6	703
20	7	711
21	6	718
22	3	694
23	6	725
24	16	733
25	5	741

26	7	728
27	15	725
28	5	734
29	5	703
30	4	711
Total	239	21.390

Berdasarkan jumlah sampel dan jumlah cacat yang telah dihitung sebelumnya, langkah selanjutnya adalah membuat peta kendali P untuk mengetahui apakah terdapat data yang berada di luar batas kendali atau tidak. Berikut perhitungan peta kendali P:

$$\text{Proporsi produk cacat} = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat per Periode}}{\text{Banyaknya Sampel per Periode}}$$

$$\text{Proporsi produk cacat (sampel Pertama)} = \frac{5}{690} = 0,00725$$

Garis pusatnya adalah:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m}$$

$$CL = \bar{p} = \frac{239}{21.390} = 0,01117$$

Batas pengendali atas dan batas pengendali bawah pada pengamatan pertama adalah:

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

$$UCL = 0,01117 + 3 \sqrt{\frac{0,01117(1-0,01117)}{690}} = 0,01694$$

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

$$LCL = 0,01117 - 3 \sqrt{\frac{0,01117(1-0,01117)}{690}} = -0,00244$$

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan proporsi cacat, batas pengendali atas, dan pengendali bawahnya untuk peta kendali P seperti pada Tabel 4.9.

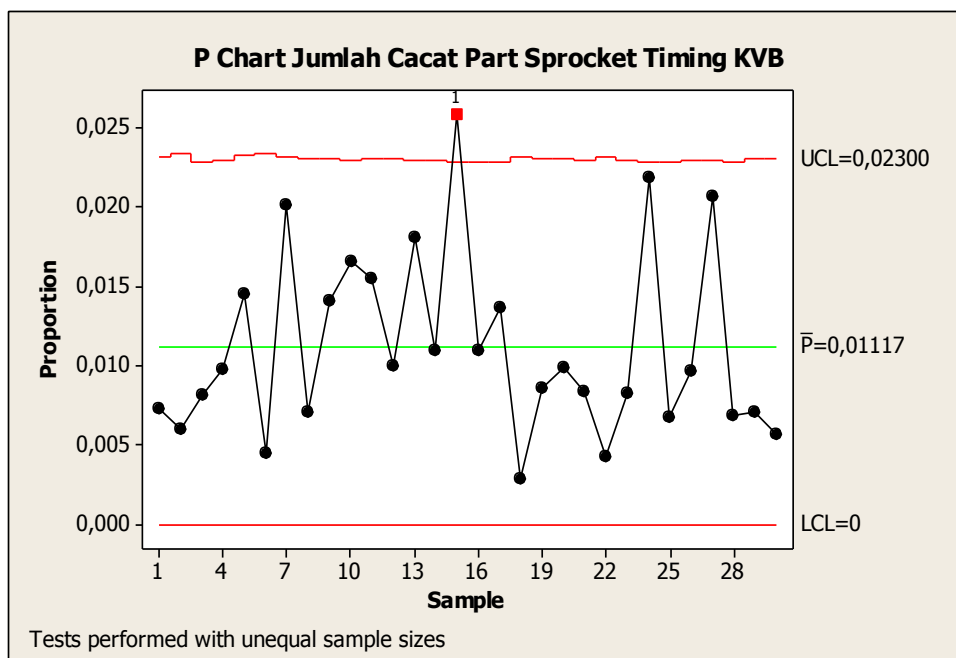
Tabel 4.9 Proporsi Cacat dan Batas *Control Limit* Setiap Sampel

No	Tanggal	Jumlah Cacat	Total Produksi	Proporsi Cacat	CL	UCL	LCL
1	13/02/2017	5	690	0,00725	0,01117	0,01694	-0,00244
2	14/02/2017	4	673	0,00594	0,01117	0,01706	-0,00256
3	15/02/2017	6	733	0,00819	0,01117	0,01665	-0,00215
4	16/02/2017	7	720	0,00972	0,01117	0,01673	-0,00235
5	17/02/2017	10	688	0,01453	0,01117	0,01695	-0,00245
6	20/02/2017	3	671	0,00447	0,01117	0,01707	-0,00257
7	21/02/2017	14	697	0,02009	0,01117	0,01689	-0,00239
8	22/02/2017	5	704	0,00710	0,01117	0,01684	-0,00234
9	23/02/2017	10	712	0,01404	0,01117	0,01679	-0,00228
10	27/02/2017	12	723	0,01660	0,01117	0,01671	-0,00221
11	28/02/2017	11	710	0,01549	0,01117	0,01680	-0,0023
12	01/03/2017	7	703	0,00996	0,01117	0,01684	-0,00235
13	02/03/2017	13	718	0,01811	0,01117	0,01675	-0,00225

Tabel 4.9 Proporsi Cacat dan Batas *Control Limit* Setiap Sampel (Lanjutan)

No	Tanggal	Jumlah Cacat	Total Produksi	Proporsi Cacat	CL	UCL	LCL
14	03/03/2017	8	728	0,01099	0,01117	0,01668	-0,00218
15	06/03/2017	19	737	0,02578	0,01117	0,01662	-0,00212
16	07/03/2017	8	729	0,01097	0,01117	0,01668	-0,00218
17	08/03/2017	10	734	0,01362	0,01117	0,01664	-0,00214

18	09/03/2017	2	694	0,00288	0,01117	0,01691	-0,00241
19	10/03/2017	6	703	0,00853	0,01117	0,01685	-0,00235
20	13/03/2017	7	711	0,00985	0,01117	0,01679	-0,0023
21	14/03/2017	6	718	0,00836	0,01117	0,01675	-0,00225
22	15/03/2017	3	694	0,00432	0,01117	0,01691	-0,00241
23	16/03/2017	6	725	0,00828	0,01117	0,01670	-0,00202
24	17/03/2017	16	733	0,02183	0,01117	0,01665	-0,00215
25	20/03/2017	5	741	0,00675	0,01117	0,01660	-0,0021
26	21/03/2017	7	728	0,00962	0,01117	0,01668	-0,00218
27	22/03/2017	15	725	0,02069	0,01117	0,01670	-0,00202
28	23/03/2017	5	734	0,00681	0,01117	0,01664	-0,00214
29	24/03/2017	5	703	0,00711	0,01117	0,01685	-0,00235
30	29/03/2017	4	711	0,00563	0,01117	0,01680	-0,00229



Gambar 4.12. Peta Kendali P Proporsi Cacat Bulan Februari dan Maret 2017

Berdasarkan grafik di atas pada pengamatan ke 15 berada di luar batas pengendalian. Untuk mengetahui apakah masih ada data yang berada diluar batas kendali, maka perlu dilakukan revisi terhadap peta kendali dengan menghilangkan hasil pengamatan yang berada di luar batas kendali yaitu pengamatan ke 15. Berikut data pengamatan yang telah direvisi dapat dilihat pada Tabel 4.10:

Tabel 4.10 Jumlah Cacat dan Produksi Setelah Direvisi

No	Jumlah Cacat	Total Produksi
1	5	690
2	4	673
3	6	733
4	7	720
5	10	688
6	3	671
7	14	697
8	5	704
9	10	712
10	12	723
11	11	710
12	7	703
13	13	718
14	8	728
16	8	729
17	10	734
18	2	694

19	6	703
20	7	711
21	6	718
22	3	694
23	6	725
24	16	733
25	5	741
26	7	728
27	15	725
28	5	734
29	5	703
30	4	711
Total	220	20.653

Untuk sampel yang tidak dihilangkan dilakukan perhitungan kembali dengan rumus yang sama untuk mengetahui apakah masih terdapat data yang berada di luar batas kendali atau tidak. Jika masih ada data yang berada diluar batas pengendalian harus dilakukan revisi kembali sampai tidak ada lagi data yang berada di luar batas pengendalian. Berikut perhitungan peta kendali P setelah direvisi.

$$\text{Proporsi produk cacat} = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat per Periode}}{\text{Banyaknya Sampel per Periode}}$$

$$\text{Proporsi produk cacat (sampel pertama)} = \frac{5}{690} = 0,00725$$

No	Tanggal	Jumlah Cacat	Total Produksi	Proporsi Cacat	CL	UCL	LCL
----	---------	--------------	----------------	----------------	----	-----	-----

Garis pusatnya adalah h:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{m}$$

CL

$$= \bar{p} = \frac{220}{20.653} = 0,01065$$

Batas pengendali atas dan batas pengendali bawah pada pengamatan pertama adalah:

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

$$\text{UCL} = 0,01065 + 3 \sqrt{\frac{0,01065(1-0,01065)}{690}} = 0,02237$$

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

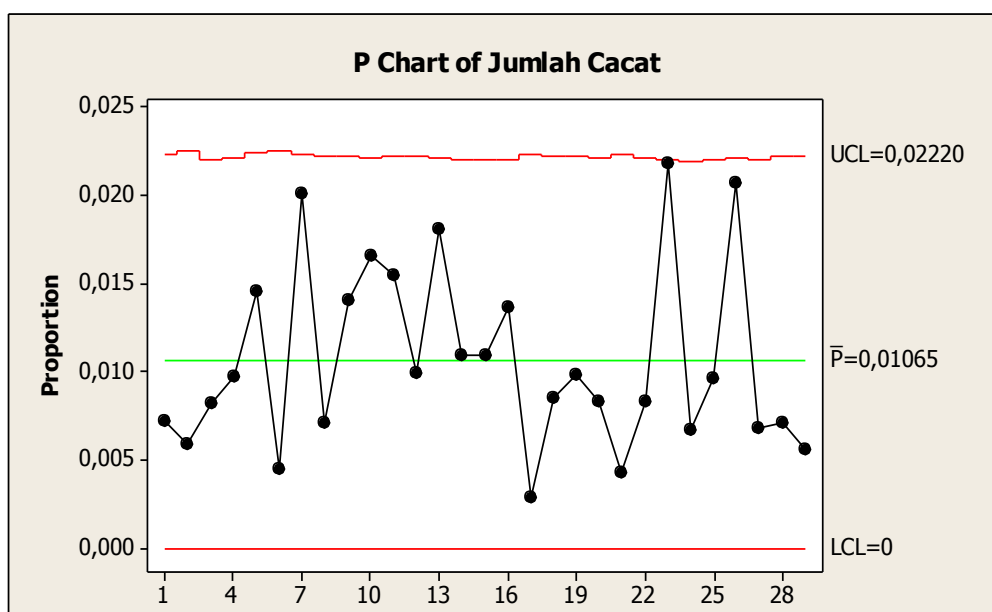
$$\text{LCL} = 0,01065 - 3 \sqrt{\frac{0,01065(1-0,01065)}{499}} = 0,00107$$

Untuk sampel selanjutnya dilakukan perhitungan dengan rumus yang sama, dengan nilai n (jumlah produksi) disesuaikan dengan jumlah produksi yang diamati. Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan mengenai proporsi cacat dan batas pengendali atas dan pengendali bawah peta kendali P seperti Tabel 4.11 berikut:

1	13/02/2017	5	690	0,00725	0,01065	0,02237	- 0,00107
2	14/02/2017	4	673	0,00594	0,01065	0,02252	- 0,00122
3	15/02/2017	6	733	0,00819	0,01065	0,02202	- 0,00724
4	16/02/2017	7	720	0,00972	0,01065	0,02212	- 0,00826
5	17/02/2017	10	688	0,01453	0,01065	0,02239	- 0,00109
6	20/02/2017	3	671	0,00447	0,01065	0,02254	- 0,00124
7	21/02/2017	14	697	0,02009	0,01065	0,02231	- 0,00101
8	22/02/2017	5	704	0,00710	0,01065	0,02226	- 0,00956
9	23/02/2017	10	712	0,01404	0,01065	0,02219	- 0,00891
10	27/02/2017	12	723	0,01660	0,01065	0,02210	- 0,00802
11	28/02/2017	11	710	0,01549	0,01065	0,02221	- 0,00907
12	01/03/2017	7	703	0,00996	0,01065	0,02226	- 0,00964
13	02/03/2017	13	718	0,01811	0,01065	0,02214	- 0,00842
14	03/03/2017	8	728	0,01099	0,01065	0,02206	- 0,00763
16	07/03/2017	8	729	0,01097	0,01065	0,02205	- 0,00755
17	08/03/2017	10	734	0,01362	0,01065	0,02202	- 0,00716
18	09/03/2017	2	694	0,00288	0,01065	0,02234	- 0,00104
19	10/03/2017	6	703	0,00853	0,01065	0,02226	- 0,00964

20	13/03/2017	7	711	0,00985	0,01065	0,02220	- 0,00899	Tabel 4.11 Propo rsi Cacat dan Batas Contr ol Limit Setela h Revis i
21	14/03/2017	6	718	0,00836	0,01065	0,02214	- 0,00842	
22	15/03/2017	3	694	0,00432	0,01065	0,02234	- 0,00104	
23	16/03/2017	6	725	0,00828	0,01065	0,02209	- 0,00787	
24	17/03/2017	16	733	0,02183	0,01065	0,02202	- 0,00724	
25	20/03/2017	5	741	0,00675	0,01065	0,02196	- 0,00662	
26	21/03/2017	7	728	0,00962	0,01065	0,02206	- 0,00763	
27	22/03/2017	15	725	0,02069	0,01065	0,02209	- 0,00787	
28	23/03/2017	5	734	0,00681	0,01065	0,02202	- 0,00716	
29	24/03/2017	5	703	0,00711	0,01065	0,02226	- 0,00964	
30	29/03/2017	4	711	0,00563	0,01065	0,02220	- 0,00899	B erdas arkan hasil perhit

ungan pada Tabel 4.11 digambarkan grafik garis sehingga lebih mudah untuk memahami dan membedakan antara data yang berada dalam batas pengendalian dengan yang berada di luar batas pengendalian seperti pada Gambar 4.13 berikut:



Gambar 4.13 Peta Kendali P Bulan Februari dan Maret Setelah Revisi

Berdasarkan Gambar 4.13 seluruh sampel telah berada dalam batas pengendali (*in statistical control*) sehingga tidak perlu melakukan revisi dan dapat disimpulkan bahwa variasi produk pada bulan Februari 2017 sampai Maret 2017 masih beragam.

4.5 Perhitungan Kemampuan Proses

Kemampuan proses menunjukkan rentang variasi suatu proses atau suatu besaran yang menunjukkan kemampuan dari suatu alat atau mesin produksi untuk menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi. Untuk data atribut analisis kapabilitas proses menggunakan alat-alat *six sigma* seperti penentuan indeks Cp dan Cpk tidak dapat diterapkan, karena khusus untuk data atribut menggunakan analisis DPMO dan kapabilitas *sigma* sebagai ukuran kemampuan proses sesungguhnya (Gasperz, 2002).

Total Produksi *part sprocket timing kvb* pada bulan Februari 2017 sampai Maret 2017 adalah 21.390 unit. Total jumlah cacat sebanyak 239 unit dan berdasarkan pengolahan data menggunakan diagram pareto diperoleh 3 jenis cacat yang dikategorikan sebagai CTQ potensial. Berikut perhitungan nilai DPMO dan nilai *sigma*:

$$DPMO = \frac{\text{Banyaknya Produk yang Cacat}}{(\text{Banyaknya Produk yang Diperiksa} \times \text{CTQ Potential})} \times 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{239}{(21.390 \times 3)} \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = 3.725$$

Jika dilihat pada tabel konversi nilai DPMO ke nilai *sigma*, nilai DPMO 3.725 berada diantara nilai DPMO 3.681 dengan nilai *sigma* 4,18 dan Nilai DPMO 3.793 dengan nilai *sigma* 4,17.

Diasumsikan nilai DPMO 3.793 = x2, nilai DPMO 3.681 = x1, nilai DPMO 3.725 = x, nilai *sigma* 4,17 = y2, nilai *sigma* 4,18 = y1. Untuk memperoleh nilai *sigma* DPMO 3.681 dapat digunakan rumus interpolasi linier sebagai berikut:

$$y = y1 + \frac{(x-x1)}{(x2-x1)} \times (y2-y1)$$

$$y = 4,18 + \frac{(3.725-3.681)}{(3.793-3.681)} \times (4,17 - 4,18)$$

$$y = 4,18$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa kemampuan proses produksi *sprocket timing kvb* berada pada nilai DPMO 3.725 dengan nilai kapabilitas *sigma* 4,18.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Diagram Pareto

Berdasarkan pada diagram pareto yang telah dibuat, diagram pareto menunjukkan persentase cacat dari urutan terbesar hingga urutan terkecil untuk produk *sprocket timing kvb*, yaitu *burry* sebesar 45,6%, *friction* sebesar 28,5% dan *scratch* sebesar 25,9%. Selanjutnya cacat terbesar, yaitu *burry* akan dianalisis menggunakan diagram *fishbone* untuk mengetahui penyebab dari *burry* pada produk *sprocket timing kvb*.

5.2 Analisis Peta Kendali P

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan peta kendali P, diketahui bahwa terdapat data yang melebihi batas kendali yaitu pada pengamatan ke 15 dengan nilai $CL = 0,01117$; $UCL = 0,01668$; $LCL = -0,00218$. Karena terdapat proses yang berada di luar batas kendali, maka dilakukan revisi Peta Kendali P dengan menghilangkan hasil pengamatan ke 15 dan menghitung kembali garis pusat dan batas pengendali atas serta batas pengendali bawah. Diperoleh hasil akhir yaitu peta P dengan nilai $CL = 0,01065$; $UCL = 0,02220$; $LCL = -0,00653$. Setelah dilakukan revisi, semua data berada dalam batas kendali atas dan bawah yang menunjukkan bahwa proses telah terkendali.

5.3 Nilai DPMO dan Level Sigma

Perhitungan nilai DPMO dan *level sigma* digunakan untuk mengetahui nilai DPMO dan *level sigma* yang dapat diperoleh perusahaan sebelum dilakukan peningkatan kualitas. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah setelah dilakukan perbaikan kualitas nilai DPMO yang dicapai oleh perusahaan sebesar 3.725 dengan nilai kapabilitas sigma 4,18 akan meningkat.

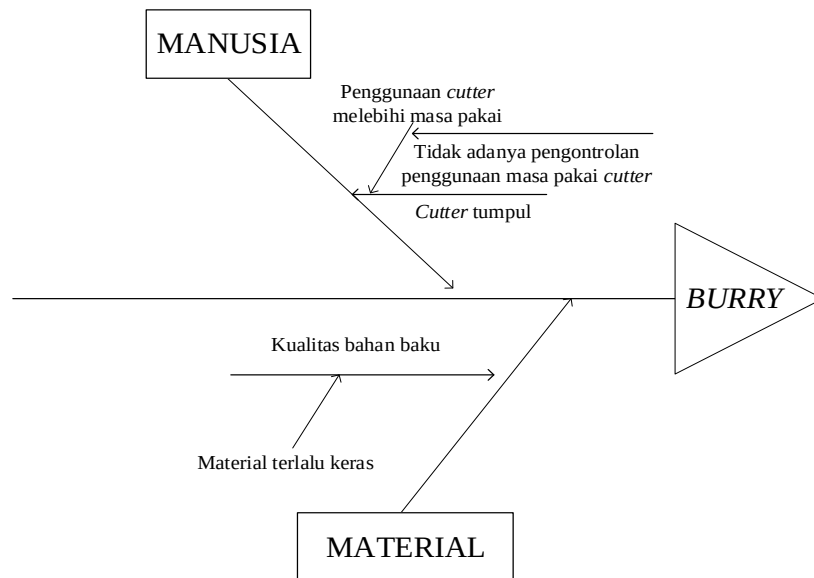
5.4 Diagram Fishbone

Diagram *fishbone* ini bertujuan untuk memperlihatkan faktor yang berpengaruh pada kualitas hasil atau dengan kata lain diagram ini digunakan untuk menentukan faktor penyebab dan akibat yang disebabkan oleh faktor penyebab. Diagram *fishbone* ini

menunjukkan lima faktor yang disebut sebab dari suatu akibat. Lima faktor tersebut adalah manusia, metode, material, mesin dan lingkungan.

5.4.1 Analisis Diagram *Fishbone Burry*

Diagram *fishbone* digunakan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya suatu kegagalan produk. Diagram *fishbone* untuk *burry* pada *sprocket timing kvb* dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Diagram *Fishbone Burry* pada *Sprocket Timing KVB*

Gambar 5.1 menunjukkan faktor yang merupakan sumber penyebab terjadinya *burry* pada *sprocket timing kvb*. Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat dua faktor penyebab cacat, yaitu faktor manusia dan material. Berikut akan dijelaskan analisis diagram *fishbone burry* pada *sprocket timing kvb*.

1. Manusia

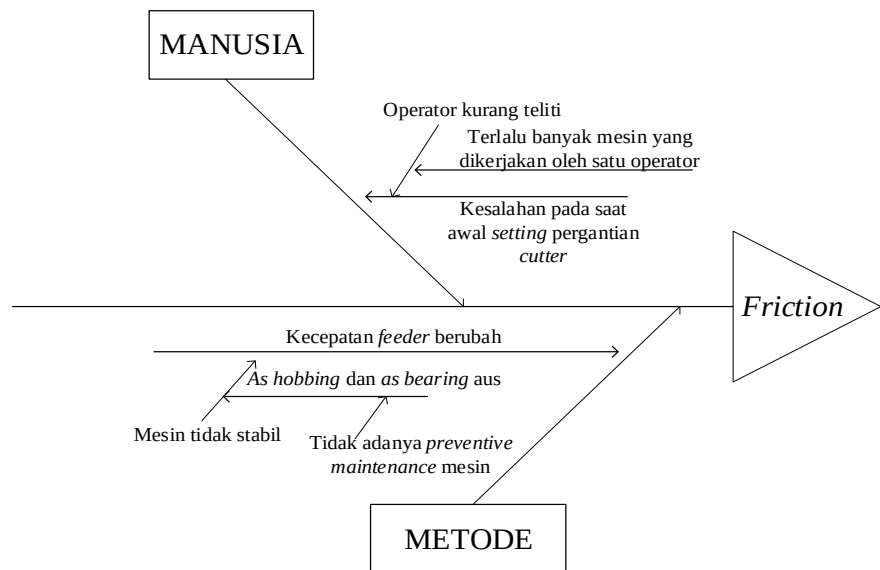
Penyebab *burry* pada produk *sprocket timing kvb* adalah *cutter* yang tumpul karena penggunaan *cutter* melebihi masa pakai yang disebabkan tidak adanya kontrol dari penggunaan masa pakai *cutter*.

2. Material

Salah satu penyebab *burry* adalah kualitas bahan baku akan menentukan kualitas produk. Bahan baku yang terlalu keras dapat menyebabkan *burry* pada produk.

5.4.2 Analisis Diagram *Fishbone Friction*

Diagram *fishbone* untuk *friction* pada *sprocket timing kvb* dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Diagram *Fishbone Friction* pada *Sprocket Timing KVB*

Gambar 5.2 menunjukkan faktor yang merupakan sumber penyebab terjadinya *friction* pada *sprocket timing kvb*. Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat dua faktor penyebab cacat, yaitu faktor manusia dan metode. Berikut akan dijelaskan analisis diagram *fishbone friction* pada *sprocket timing kvb*.

1. Manusia

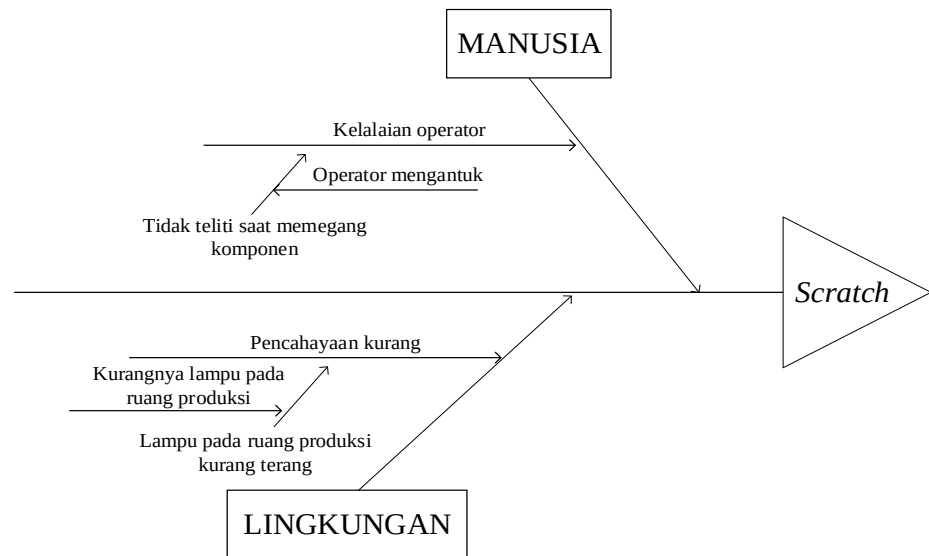
Penyebab operator salah pada saat *setting* awal *cutter* mesin yaitu operator kurang teliti dikarenakan terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu operator menjalankan empat mesin *hobbing* sehingga operator menjadi tidak fokus.

2. Metode

Faktor lain yang menyebabkan *friction*, yaitu karena kecepatan *feeder* yang berubah akibat mesin yang tidak stabil. *As cutter* dan *as hobbing* yang aus menjadikan mesin menjadi tidak stabil. Hal ini dikarenakan tidak adanya *preventive maintenance* mesin.

5.4.3 Analisis Diagram *Fishbone Scratch*

Diagram *fishbone* digunakan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya suatu kegagalan produk. Diagram *fishbone* untuk *scratch* pada *sprocket timing kvb* dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Diagram *Fishbone Scratch* pada *Sprocket Timing KVB*

Gambar 5.3 menunjukkan faktor yang merupakan sumber penyebab terjadinya *scratch* pada *sprocket timing kvb*. Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat dua faktor penyebab cacat, yaitu faktor manusia dan lingkungan. Berikut akan dijelaskan analisis diagram *fishbone scratch* pada *sprocket timing kvb*.

1. Manusia

Penyebab kelalaian operator yaitu operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk.

2. Lingkungan

Untuk faktor lingkungan yang disebabkan karena lampu pada ruang produksi kurang terang maka perlu diupayakan untuk menambah lampu pada ruang produksi.

5.5 FMEA

FMEA digunakan untuk melihat proses bagian mana yang paling dominan menghasilkan kegagalan-kegagalan proses pembuatan *sprocket timing kvb*.

5.5.1 FMEA dengan Potensi Kegagalan *Burrry*

Pembuatan tabel FMEA yang berfungsi untuk memberikan pembobotan pada nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* berdasarkan potensi efek kegagalan, penyebab kegagalan dan proses kontrol saat ini untuk menghasilkan nilai RPN.

1. Identifikasi Potensi Kegagalan

Proses yang berpotensi gagal dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. *Potential Failure* pada Proses *Gear*

No	Proses	<i>Potential Failure Mode</i>
----	--------	-------------------------------

1	Proses <i>gear</i>	<i>Burly</i>
---	--------------------	--------------

2. Identifikasi Efek Kegagalan

Setelah diketahui potensial kegagalan yang dapat berpengaruh pada terjadinya produk *sprocket timing kvb*, selanjutnya adalah mengidentifikasi efek kegagalan dari setiap kegagalan proses. Hal ini bertujuan agar dapat menentukan nilai *severity*. Efek kegagalan yaitu efek dari kegagalan yang dapat berpengaruh terhadap proses berikutnya. Dengan mengidentifikasi *failure effect* maka dapat diketahui dari setiap kegagalan proses. *Failure effect* untuk setiap kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 *Failure Effect* pada Proses Gear Jenis Kegagalan *Burly*

No	Proses	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1	Proses <i>gear</i> .	<i>Burly</i>	<i>Rework</i> produk

3. Penentuan *Severity*

Severity adalah tingkat keparahan yang ditimbulkan terhadap kelangsungan proses selanjutnya. Pemberian nilai *severity* terdiri dari *ranking* 1 sampai 10. Semakin parah efek yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi, maka semakin tinggi *ranking* yang diberikan. Nilai *severity* untuk efek kegagalan pada proses *gear* dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Penentuan Nilai *Severity* Jenis Kegagalan *Burly*

No	<i>Failure Effect</i>	<i>Ranking</i>
1	<i>Rework</i> produk	5

Untuk potensi kegagalan *burly*, nilainya adalah 5 karena produk dapat di *rework*.

4. Penentuan *Occurrence*

Nilai *occurrence* ditentukan untuk mengetahui penyebab kegagalan. Besar nilai *occurrence* diperoleh berdasarkan tingkat kegagalan atau jenis potensial produk cacat

per total jumlah produk cacat. Nilai *occurrence* untuk masing-masing kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Penentuan Nilai *Occurrence* Jenis Kegagalan *Burly*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Tingkat Kegagalan	<i>Occurrence</i>
1	<i>Burly</i>	<i>Cutter</i> yang tumpul pada saat proses pembentukan <i>gear</i> .	$76/109=0,70$	10
		Kualitas bahan baku yang terlalu keras.	$33/109=0,30$	9

5. Identifikasi Pengendalian Proses

Setelah mengetahui nilai *occurrence*, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi pengendalian proses. Pengendalian proses merupakan kontrol yang dapat mencegah terjadinya kegagalan potensial atau mendeteksi terjadinya penyebab kegagalan yang terjadi. Pengendalian proses untuk setiap penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Pengendalian Proses Jenis Kegagalan *Burly*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	<i>Current Control</i>
1	<i>Burly</i>	<i>Cutter</i> yang tumpul pada saat proses pembentukan <i>gear</i> .	Pengawasan dilakukan secara visual
		Kualitas bahan baku yang terlalu keras.	Pengawasan dilakukan secara visual

6. Penentuan *Detection*

Detection adalah peringkat yang menunjukkan seberapa telitnya sistem deteksi yang digunakan. Penentuan nilai *detection* mengacu pada Tabel 2.3. Penentuan nilai *detection* untuk masing-masing penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Penentuan Nilai *Detection* Jenis Kegagalan *Burly*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>
1	<i>Burly</i>	<i>Cutter</i> yang tumpul pada saat proses pembentukan	Pengawasan dilakukan secara visual	6

		<i>gear.</i>		
		Kualitas bahan baku yang terlalu keras.	Pengawasan dilakukan secara visual	6

7. Perhitungan RPN

RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effect* (*severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect* (*occurrence*) dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*detection*). Pada Tabel 5.7 penilaian RPN untuk kegagalan proses pada proses *gear* dengan potensi kegagalan *burry* dengan penyebab kegagalan *cutter* yang tumpul pada saat proses pembentukan *gear* memiliki nilai RPN sebesar 240 dan penyebab kegagalan karena tidak adanya pembaharuan prosedur kerja memiliki nilai RPN sebesar 300. Dimana nilai RPN diperoleh dari ($RPN = S \times O \times D$).

Tabel 5.7 Nilai RPN Potensi Kegagalan *Burry*

Proses	Potensi Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
Proses pembentukan <i>gear</i>	<i>Burry</i>	<i>Cutter</i> yang tumpul pada saat proses pembentukan <i>gear</i> .	5	10	6	300
		Kualitas bahan baku yang terlalu keras.	5	9	6	270

5.5.2 FMEA Dengan Potensi Kegagalan *Friction*

Pembuatan tabel FMEA yang berfungsi untuk memberikan pembobotan pada nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* berdasarkan potensi efek kegagalan, penyebab kegagalan dan proses kontrol saat ini untuk menghasilkan nilai RPN.

1. Identifikasi Potensi Kegagalan

Mengidentifikasi proses yang berpotensi gagal yang memenuhi persyaratan proses.

Adapun proses yang berpotensi gagal dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. *Potential Failure* pada Proses Pembentukan *Gear*

No	Proses	<i>Potential Failure Mode</i>
----	--------	-------------------------------

1	Proses pembentukan <i>gear</i>	<i>Friction</i>
---	--------------------------------	-----------------

2. Identifikasi Efek Kegagalan

Setelah diketahui potensial kegagalan yang dapat berpengaruh pada terjadinya produk *sprocket timing kvb*, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi efek kegagalan dari setiap kegagalan proses. Hal ini bertujuan agar dapat menentukan nilai *severity*. Efek kegagalan yaitu efek dari kegagalan yang dapat berpengaruh terhadap proses berikutnya. Dengan mengidentifikasi *failure effect* maka dapat diketahui dari setiap kegagalan proses. *Failure effect* untuk setiap kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 *Failure Effect* pada Proses Pembentukan *Gear*

No	Proses	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1	Pada proses pembentukan <i>gear</i> .	<i>Friction</i>	Tidak dapat dilanjutkan ke proses <i>grooving</i> dan sebagian besar menjadi <i>scrap</i> .

3. Penentuan *Severity*

Nilai *severity* untuk efek kegagalan pada proses *gear* dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Penentuan Nilai *Severity Friction*

No	<i>Failure Effect</i>	<i>Ranking</i>
1	Tidak dapat dilanjutkan ke proses <i>grooving</i> dan sebagian besar menjadi <i>scrap</i> .	7

Untuk potensi kegagalan *friction*, nilainya adalah 7 karena tidak dapat dilanjutkan ke proses *grooving* dan sebagian besar menjadi *scrap*.

4. Penentuan *Occurrence*

Nilai *occurrence* diperoleh berdasarkan tingkat kegagalan atau jenis potensial produk cacat per total jumlah produk cacat. Nilai *occurrence* untuk masing-masing kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Penentuan Nilai *Occurrence Friction*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Tingkat Kegagalan	<i>Occurrence</i>
1	<i>Friction</i>	Operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin.	$31/62=0,50$	10
		Kecepatan <i>feeder</i> berubah karena as <i>hobbing</i> dan <i>as bearing</i> yang aus karena <i>preventive maintenance</i> mesin yang tidak berjalan dengan baik.	$31/62=0,50$	10

5. Identifikasi Pengendalian Proses

Pengendalian proses untuk setiap penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Pengendalian Proses Jenis Kegagalan *Friction*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	<i>Current Control</i>
1	<i>Friction</i>	Operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin.	Pengawasan dilakukan secara visual
		Kecepatan <i>feeder</i> berubah karena as <i>hobbing</i> dan <i>as bearing</i> yang aus karena <i>preventive maintenance</i> mesin yang tidak berjalan dengan baik.	Pengawasan dilakukan secara visual

6. Penentuan *Detection*

Penentuan nilai *detection* untuk masing-masing penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 5.13

Tabel 5.13. Penentuan Nilai *Detection* Jenis Kegagalan *Friction*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>
1	<i>Friction</i>	Operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin.	Pengawasan dilakukan secara visual	6
		Kecepatan <i>feeder</i> berubah karena as <i>hobbing</i> dan as <i>bearing</i> yang aus karena <i>preventive maintenance</i> mesin yang tidak berjalan dengan baik.	Pengawasan dilakukan secara visual	6

7. Perhitungan RPN

Penilaian RPN untuk kegagalan proses pada proses *gear* dengan potensi kegagalan *friction* terdapat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Nilai RPN Potensi Kegagalan *Friction*

Proses	Potensi Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
Proses pembentukan <i>gear</i>	<i>Friction</i>	Operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin.	7	10	6	420
		Kecepatan <i>feeder</i> berubah karena as <i>hobbing</i> dan as <i>bearing</i> yang aus karena <i>preventive maintenance</i> mesin yang tidak berjalan dengan baik.	7	10	6	420

5.5.3 FMEA Dengan Potensi Kegagalan *Scratch*

Pembuatan tabel FMEA yang berfungsi untuk memberikan pembobotan pada nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* berdasarkan potensi efek kegagalan, penyebab kegagalan dan proses kontrol saat ini untuk menghasilkan nilai RPN.

1. Identifikasi Potensi Kegagalan

Mengidentifikasi proses yang berpotensi gagal memenuhi persyaratan proses.

Adapun proses yang berpotensi gagal dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15. *Potential Failure* pada Proses *Turning*

No	Proses	<i>Potential Failure Mode</i>
1	Proses <i>turning</i>	<i>Scratch</i>

2. Identifikasi Efek Kegagalan

Mengidentifikasi efek kegagalan dari setiap kegagalan proses. Hal ini bertujuan agar dapat menentukan nilai *severity*. Efek kegagalan yaitu efek dari kegagalan yang dapat berpengaruh terhadap proses berikutnya. Dengan mengidentifikasi *failure effect* maka dapat diketahui dari setiap kegagalan proses. *Failure effect* untuk setiap kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 *Failure Effect* pada Proses *Turning*

No	Proses	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1	Proses <i>turning</i>	<i>Scratch</i>	Tidak dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya dan sebagian besar menjadi <i>scrap</i> .

3. Penentuan *Severity*

Severity adalah tingkat keparahan yang ditimbulkan terhadap kelangsungan proses selanjutnya. Pemberian nilai *severity* terdiri dari *ranking* 1 sampai 10. Semakin parah efek yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi, maka semakin tinggi *ranking* yang diberikan. Nilai *severity* untuk efek kegagalan pada proses *turning* dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Penentuan Nilai *Severity* Jenis Kegagalan *Scratch*

No	<i>Failure Effect</i>	<i>Ranking</i>
1	Tidak dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya dan sebagian besar menjadi <i>scrap</i> .	7

Untuk potensi kegagalan *scratch*, nilainya adalah 7 karena tidak dapat dilanjutkan ke proses *gear* dan sebagian besar menjadi *scrap*.

4. Penentuan *Occurrence*

Nilai *occurrence* untuk masing-masing kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18. Penentuan Nilai *Occurrence* Jenis Kegagalan *Scratch*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Tingkat Kegagalan	<i>Occurrence</i>
1	<i>Scratch</i>	Operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk.	$54/68=0,80$	10
		Kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang.	$14/68=0,20$	8

5. Identifikasi Pengendalian Proses

Identifikasi pengendalian proses untuk setiap penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Pengendalian Proses Penentuan Nilai *Occurrence* Jenis Kegagalan *Scratch*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	<i>Current Control</i>
1	<i>Scratch</i>	Operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk.	Pengawasan dilakukan secara visual
		Kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang.	Pengawasan dilakukan secara visual

6. Penentuan *Detection*

Penentuan nilai *detection* untuk masing-masing penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 5.20

Tabel 5.20. Penentuan Nilai *Detection* Jenis Kegagalan *Scratch*

No	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>
1	<i>Scratch</i>	Operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk.	Pengawasan dilakukan secara visual	6
		Kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang.	Pengawasan dilakukan secara visual	6

7. Perhitungan RPN

RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effect (severity)*, kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect (occurrence)* dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*detection*). Adapun tabel penilaian RPN untuk kegagalan proses pada proses *turning* terdapat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Nilai RPN Potensi Kegagalan *Scratch*

Proses	Potensi Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
Proses <i>Turning</i>	<i>Scratch</i>	Operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk.	7	10	6	420
		Kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang.	7	8	6	336

5.6 Proses Fuzzifikasi

Setelah mengetahui nilai *severity*, *occurrence*, dan *detectability*. Maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses fuzzifikasi. Pada proses fuzzifikasi ini, metode

yang digunakan untuk melakukan fuzzifikasi adalah dengan metode penalaran Mamdani. Hal ini dikarenakan metode ini lebih cocok digunakan apabila *input* diterima dari manusia dan juga karena baik *input* (*severity*, *occurrence*, dan *detectability*) maupun *output* FRPN sistem berupa himpunan *fuzzy*. Fungsi implikasi yang digunakan pada metode Mamdani ini adalah fungsi implikasi Min. Proses fuzzifikasi ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB.

Gambar 5.4 *Fuzzy Inference System Editor*

Ketiga index *severity*, *occurrence* dan *detectability* adalah sebagai variabel *input*, sehingga nilai antara 1 sampai 10 yang diberikan pada index ini juga memiliki hubungan dengan kelas kualitatifnya, yang terdiri dari 5 kelas (kategori), yaitu: *very low*, *low*, *moderate*, *high* dan *very high*.

1. Nilai *Input Severity*, *Occurrence* dan *Detection*

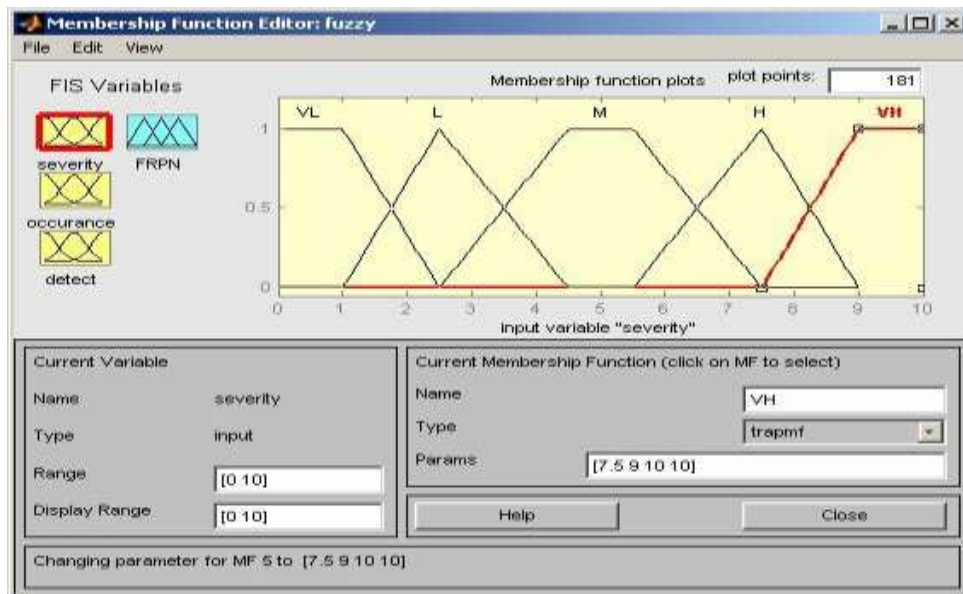
Input fuzzy yang digunakan adalah indeks *severity*, *occurrence* dan *detectability* yang dikategorikan menjadi 5 tingkat kepentingan bilangan (kelas). Parameter fungsi keanggotaan variabel *input* dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel *Input*

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
VL	Trapesium	[0 0 1 2.5]
L	Segitiga	[1 2.5 4.5]
M	Trapesium	[2.5 4.5 5.5 7.5]
H	Segitiga	[5.5 7.5 9]
VH	Trapesium	[7.5 9 10 10]

(Sumber: Puente, 2002)

Editor fungsi keanggotaan variabel *input severity*, *occurrence* dan *detectability* dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Editor Fungsi Keanggotaan Variabel *Input*

2. Nilai *Output* FRPN

Langkah yang dilakukan setelah memasukkan nilai *input* yaitu memasukkan nilai *output* dengan *range* nilai 1-1000 sehingga membentuk suatu kurva tertentu. Nilai *output* FRPN memiliki 9 kelas (kategori), yaitu:

- Very Low
- Very Low-Low
- Low
- Low-Moderate
- Moderate
- Moderate-High
- High
- High-Very High
- Very High

Berikut adalah label dan parameter fungsi keanggotaan yang didefinisikan oleh pakar untuk variabel *output* sistem FMEA dapat dilihat pada Tabel 5.23.

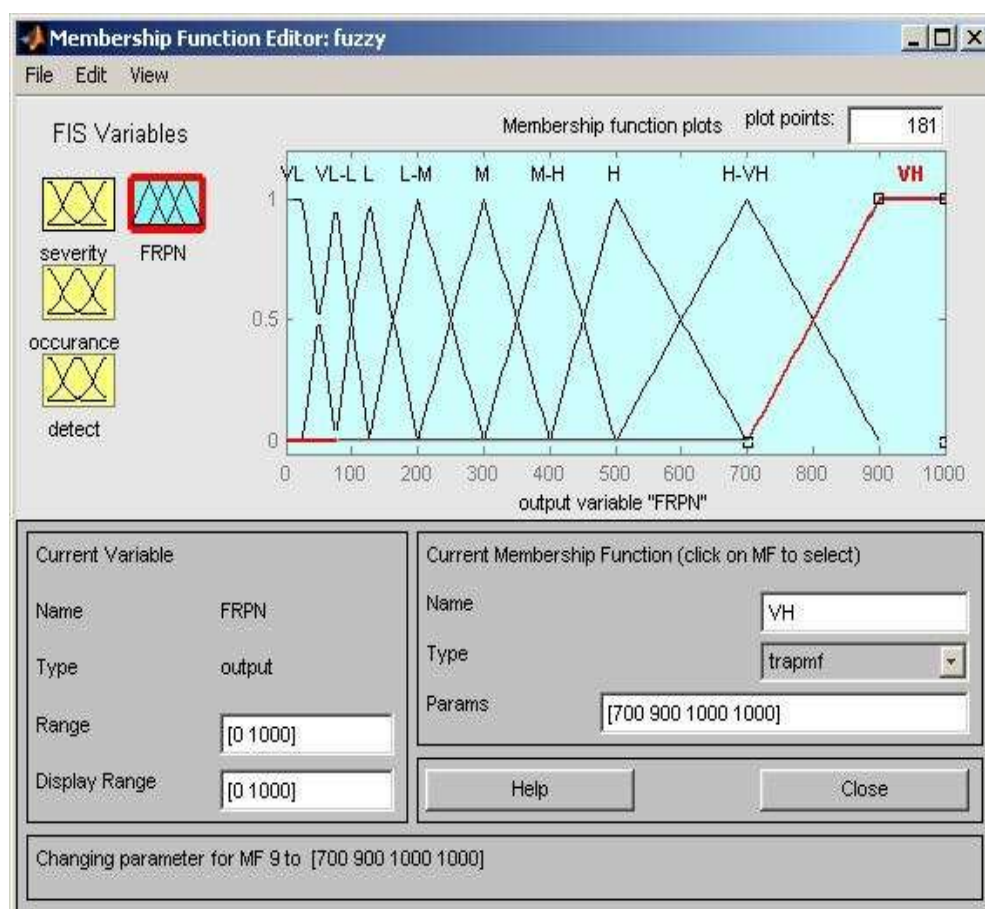
Tabel 5.23 Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel *Output* FRPN

Kategori	Tipe kurva	Parameter
VL	Trapesium	[0 0 25 75]
VL-L	Segitiga	[25 75 125]
L	Segitiga	[75 125 200]
L-M	Segitiga	[125 200 300]

M	Segitiga	[200 300 400]
M-H	Segitiga	[300 400 500]
H	Segitiga	[400 500 700]
H-VH	Segitiga	[500 700 900]
VH	Trapezium	[700 900 1000 1000]

(Sumber: Puente, 2002)

Proses penggunaan aplikasi matlab dari editor fungsi keanggotaan variabel *output* FRPN yang digambarkan pada Gambar 5.6.

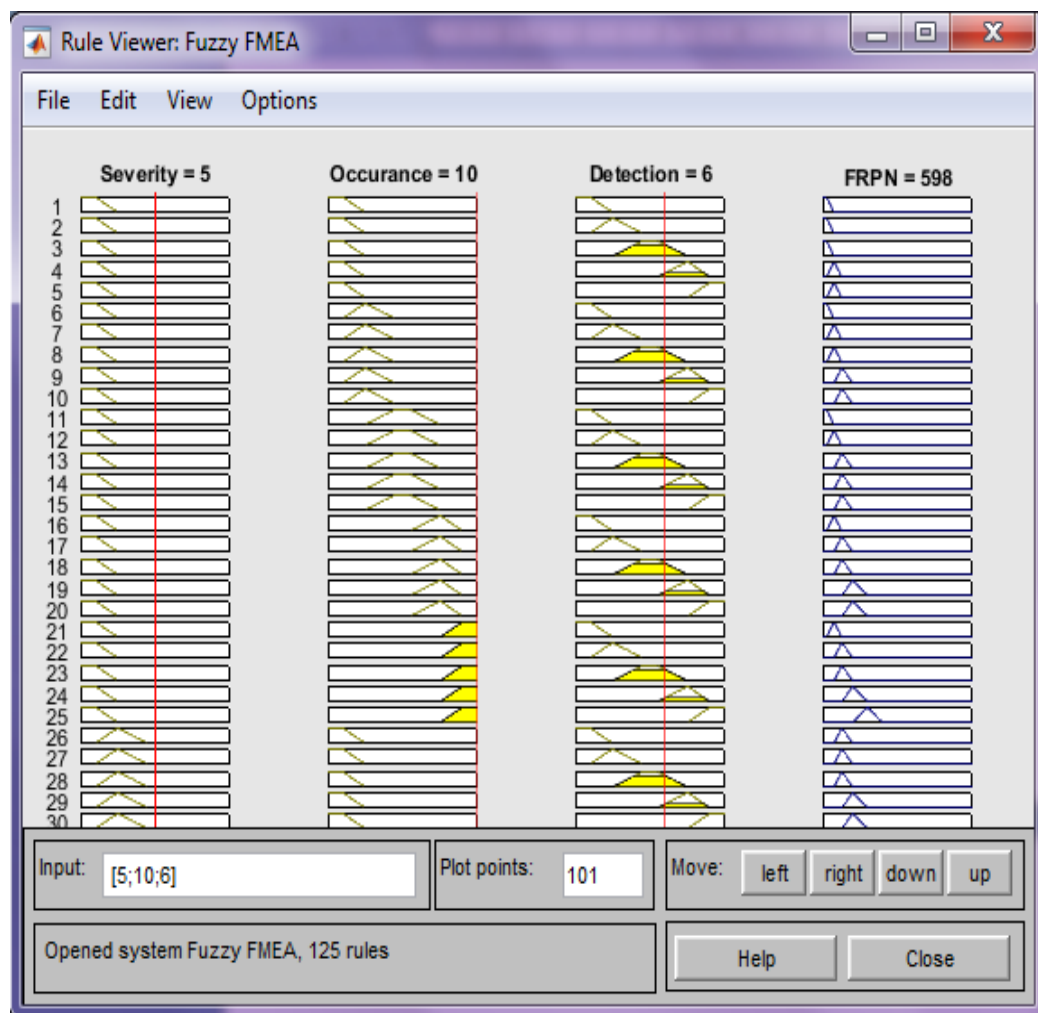


Gambar 5.6 Editor Fungsi Keanggotaan Variabel *Output*

3. *Fuzzy rules* menggambarkan tingkat kekritisian dari sebuah kegagalan untuk setiap kombinasi variabel *input*. Aturan-aturan ini secara konvensional diformulasikan dalam bentuk linguistik dan diekspresikan dalam bentuk “*if-then*”. Bagian pertama dari aturan ini menggambarkan semua kemungkinan kombinasi dari semua faktor *input*, sedangkan bagian kedua menggambarkan fungsi keanggotaan variabel *output* yang harus diterapkan pada kondisi tersebut. Karena terdapat tiga variabel *input* yang digunakan, yaitu *severity*, *occurrence* dan *detectability* dengan 5 kategori untuk setiap variabel *input* tersebut. Terdapat 125 aturan yang diterapkan, 125 aturan tersebut terdapat dalam lampiran.

5.6.1 Output FRPN dengan Menggunakan Aplikasi Fuzzy

Dari perhitungan diatas yang dilakukan diatas, maka dapat dilihat bahwa hasil perhitungan untuk variabel *input* dengan nilai *severity*= 5, *occurrence*= 10 dan *detectability*= 6, menunjukkan bahwa *output* yang dihasilkan berupa FRPN dengan hasil 598. Dari variabel *input* yang dihitung termasuk kedalam kategori *high-very high*. Sedangkan untuk hasil perhitungan nilai *output* FRPN untuk variabel *input* dari penyebab kegagalan yang lainnya dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB dapat dilihat pada Lampiran C.



Gambar 5.7 Hasil *Output* FRPN dari Cacat *Burry*

5.7 Penentuan Peringkat Berdasarkan RPN dan FRPN

Pada tahapan ini, hal yang dilakukan adalah menentukan urutan atau peringkat masalah yang harus segera diselesaikan berdasarkan *ranking* prioritas dari permasalahan yang ada. *Ranking* prioritas ini diberikan bertujuan untuk mengetahui penyebab kegagalan proses mana yang paling memerlukan pemecahan masalah berdasarkan derajat kepentingan masing-masing permasalahan. Derajat kepentingan tersebut diambil dari kategori-kategori nilai yang terdapat pada FRPN. Penentuan *ranking* pada nilai RPN dilakukan dengan melihat kategori yang tertinggi sampai terendah, yaitu M, L-M, L, V-L, VL.

5.7.1 Perbandingan Nilai, Kategori Serta *Ranking* Prioritas Penyelesaian Masalah Antara RPN dan FRPN *Burry*

Hasil penentuan peringkat dan kategori berdasarkan RPN dan FRPN dengan penyebab kegagalan *burry* dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Proses FMEA dengan Peringkat dan Kategori Berdasarkan Nilai FRPN Penyebab Kegagalan *Burry*

Penyebab Kegagalan <i>Burry</i>	S	O	D	RPN	Kategori	FRPN	Peringkat	Kategori
<i>Cutter</i> yang tumpul pada saat proses pembentukan <i>gear</i> .	5	10	6	300	M	598	2	H
Kualitas	5	9	6	270	M	598	2	H

bahan baku yang terlalu keras.							
--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Pada hasil penentuan *ranking* dan kategori berdasarkan hasil perhitungan terhadap nilai RPN maupun dengan pendekatan logika *fuzzy*, terdapat perbedaan peringkat antara RPN dan FRPN. Hal ini dikarenakan proses dari hasil *fuzzifikasi* nilai-nilai variabel *input* dengan memperhatikan derajat kepentingan masing-masing variabel *input* yang ada. Perbedaan antara RPN dan FRPN sangat terlihat jelas pada proses ini. Mari lihat dan bandingkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detectability* pada proses *gear* dengan penyebab *Cutter* yang tumpul pada saat proses pembentukan *gear*, nilai efek yang ditimbulkan (S=5), tingkat keseringan penyebab kegagalan terjadi tergolong tinggi (O=10) dan kontrol yang dilakukan untuk mendeteksi terjadinya kegagalan tergolong tinggi dengan kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah (D=6), menghasilkan nilai RPN 300 dengan kategori *medium*. Namun sebaliknya, kondisi ini justru mengakibatkan nilai FRPN menjadi lebih tinggi, yaitu 598 yang termasuk ke dalam kategori *high*. Begitu juga dengan penyebab kegagalan Kualitas bahan baku yang terlalu keras. memiliki nilai FRPN yang sama yaitu 598 yakni termasuk ke dalam kategori *high*. Hal ini disebabkan karena apabila kegagalan terjadi mengakibatkan terganggunya kelancaran lini produksi dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Sehingga penyebab kegagalan ini perlu diprioritaskan untuk semaksimal mungkin mencegah jenis kegagalan proses *gear* terjadi.

5.7.2 Perbandingan Nilai, Kategori Serta *Ranking* Prioritas Penyelesaian Masalah Antara RPN dan FRPN *Friction*

Hasil penentuan peringkat dan kategori berdasarkan RPN dan FRPN dengan penyebab kegagalan *friction* dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Proses FMEA dengan Peringkat dan Kategori Berdasarkan Nilai FRPN Penyebab Kegagalan *Friction*.

Penyebab Kegagalan <i>Friction</i>	S	O	D	RPN	Kategori	FRPN	Peringkat	Kategori
Operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin.	7	10	6	420	M-H	787	2	H-VH
As <i>hobbing</i> dan as <i>bearing</i> yang aus karena <i>preventive maintenance</i> mesin yang	7	10	6	420	M-H	787	2	H-VH

tidak berjalan dengan baik.							
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Pada hasil penentuan *ranking* dan kategori berdasarkan hasil perhitungan terhadap nilai RPN maupun dengan pendekatan logika *fuzzy*, terdapat perbedaan peringkat antara RPN dan FRPN. Hal ini dikarenakan proses dari hasil *fuzzifikasi* nilai-nilai variabel *input* dengan memperhatikan derajat kepentingan masing-masing variabel *input* yang ada. Perbedaan antara RPN dan FRPN sangat terlihat jelas pada proses ini. Mari lihat dan bandingkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detectability* pada proses *gear* dengan penyebab Operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin., nilai efek yang ditimbulkan (S=7), tingkat keseringan penyebab kegagalan terjadi tergolong tinggi (O=10) dan kontrol yang dilakukan untuk mendeteksi terjadinya kegagalan tergolong tinggi dengan kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah (D=6), menghasilkan nilai RPN 420 dengan kategori *medium-high*. Namun sebaliknya, kondisi ini justru mengakibatkan nilai FRPN menjadi lebih tinggi, yaitu 787 yang termasuk ke dalam kategori *high-very high*. Begitu juga dengan penyebab kegagalan Kecepatan *feeder* berubah karena *as hobbing* dan *as bearing* yang aus karena *preventive maintenance* mesin yang tidak berjalan dengan baik. memiliki nilai FRPN yang sama yaitu 787 yakni termasuk ke dalam kategori *high-very high*. Hal ini disebabkan karena apabila kegagalan terjadi mengakibatkan terganggunya kelancaran lini produksi dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Sehingga penyebab kegagalan ini perlu diprioritaskan untuk semaksimal mungkin mencegah jenis kegagalan proses *gear* terjadi.

5.7.3 Perbandingan Nilai, Kategori Serta *Ranking* Prioritas Penyelesaian Masalah Antara RPN dan FRPN *Scratch*

Hasil penentuan peringkat dan kategori berdasarkan RPN dan FRPN dengan penyebab kegagalan *scratch* dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Proses FMEA dengan Peringkat dan Kategori Berdasarkan Nilai FRPN
Penyebab Kegagalan *Scratch*

Penyebab Kegagalan <i>Scratch</i>	S	O	D	RPN	Kategori	FRPN	Peringkat	Kategori
Operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk.	7	10	6	420	M-H	787	2	H-VH
Kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang.	7	8	6	336	M	780	2	H-VH

Pada hasil penentuan *ranking* dan kategori berdasarkan hasil perhitungan terhadap nilai RPN maupun dengan pendekatan logika *fuzzy*, terdapat perbedaan peringkat antara RPN dan FRPN. Hal ini dikarenakan proses dari hasil *fuzzifikasi* nilai-nilai variabel *input* dengan memperhatikan derajat kepentingan masing-masing variabel *input* yang ada. Perbedaan antara RPN dan FRPN sangat terlihat jelas pada proses ini. Mari lihat dan bandingkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detectability* pada proses *turning* dengan penyebab operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk, nilai efek yang ditimbulkan (S=7), tingkat keseringan penyebab kegagalan terjadi tergolong tinggi (O=10) dan kontrol yang dilakukan untuk mendeteksi terjadinya kegagalan tergolong tinggi dengan kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah (D=6), menghasilkan nilai RPN 420 dengan kategori *medium-high*. Namun sebaliknya, kondisi ini justru mengakibatkan nilai FRPN menjadi lebih tinggi, yaitu 787 yang termasuk ke dalam kategori *high-very high*. Begitu juga dengan penyebab kegagalan kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang, memiliki nilai FRPN yang hampir sama yaitu 780 yakni termasuk ke dalam kategori *high-very high*. Hal ini disebabkan karena apabila kegagalan terjadi mengakibatkan terganggunya kelancaran lini produksi dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Sehingga penyebab kegagalan ini perlu diprioritaskan untuk semaksimal mungkin mencegah jenis kegagalan proses terjadi.

5.8 Analisis Perbaikan dengan Menggunakan 5W+1H

Setelah mengetahui penyebab dari terjadinya *burry* berdasarkan nilai FRPN, langkah selanjutnya adalah melakukan tindakan perbaikan untuk mengatasi penyebab terjadinya

burry pada *sprocket timing kvb*. Melalui penggunaan 5W+1H penyebab terjadinya *burry* dapat diselesaikan secara lebih rinci dan lengkap, sehingga dapat dijadikan suatu solusi dalam hal peningkatan kualitas. Terdapat dua faktor utama penyebab terjadinya *burry*, yaitu manusia dan mesin. Tindakan perbaikan dapat dilakukan dengan 5W+1H yang diperoleh dari analisis pada diagram *fishbone* dengan menggunakan 5W+1H terdiri dari:

1. *What* (Apa)
2. *Why* (Mengapa)
3. *Who* (Siapa)
4. *Where* (Dimana)
5. *When* (Kapan)
6. *How* (Bagaimana)

Tindakan perbaikan kualitas untuk mengatasi *burry* pada proses *gear* produk *sprocket timing kvb* dengan menggunakan 5W+1H dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Faktor	<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>Who</i>	<i>When</i>	<i>How</i>
Manusia	Cutter yang tumpul pada saat proses pembentukan gear.	Agar meminimalisir cacat yang terjadi karena <i>cutter</i> tumpul	Lini Produksi	Kepala seksi produksi	Setiap sebelum melakukan produksi	Melakukan pengecekan <i>cutter</i> secara rutin
Material	Kualitas bahan baku yang terlalu keras.	Agar menghindari terjadinya <i>burry</i>	<i>Quality control laboratory</i>	<i>Bagian quality control</i>	Pada saat penerimaan bahan baku	Pemilihan bahan baku yang berkualitas baik untuk digunakan dalam proses produksi

Tabel 5.27 Analisis 5W+1H Untuk Cacat *Burry* pada *Sprocket Timing KVB*

Berdasarkan Tabel 5.27, tindakan yang perlu diupayakan untuk meningkatkan kualitas produk yaitu:

1. Untuk faktor manusia yang disebabkan oleh *cutter* yang tumpul karena penggunaan *cutter* melebihi masa pakai yang diakibatkan tidak adanya kontrol dari penggunaan masa pakai *cutter*. Perlu dilakukan pengecekan *cutter* secara rutin sebelum melakukan kegiatan produksi.

2. Untuk faktor material yang disebabkan oleh kualitas bahan baku yang terlalu keras. Perlu dilakukan pemilihan bahan baku yang berkualitas baik untuk digunakan dalam proses produksi

Tindakan perbaikan kualitas untuk mengatasi *friction* pada proses *gear* produk *sprocket timing kvb* dengan menggunakan 5W+1H dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Faktor	What	Why	Where	Who	When	How
Manusia	Operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin.	Agar mencegah kesalahan dalam <i>setting</i> mesin.	Lini Produksi	Kepala seksi produksi	Pada saat <i>setting</i> mesin	Melakukan pengecekan pada operator saat melakukan <i>setting</i> mesin
Metode	Kecepatan <i>feeder</i> berubah karena <i>as hobbing</i> dan <i>as bearing</i> yang aus karena <i>preventive maintenance</i> mesin yang tidak berjalan dengan baik.	Agar <i>as hobbing</i> dan <i>as bearing</i> tidak mengalami aus.	Lini Produksi	Kepala seksi produksi	Setiap pengecekan berlangsung	Membuat penjadwalan pengecekan mesin secara rutin dan penggunaan teknologi yang lebih tinggi.

Tabel 5.28 Analisis 5W+1H Untuk Cacat *Friction* pada *Sprocket Timing KVB*

Berdasarkan Tabel 5.28, tindakan yang perlu diupayakan untuk meningkatkan kualitas produk yaitu:

1. Untuk faktor manusia yang disebabkan oleh operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin. Sehingga perlu di awasi pada saat melakukan penyetingan mesin, sehingga tidak salah pada saat *setting* mesin dan juga memberikan pengarahan terhadap operator dalam melakukan pekerjaan agar tidak terjadinya kesalahan dalam bekerja.

2. Untuk faktor metode yang disebabkan oleh kecepatan *feeder* berubah karena as *hobbing* dan as *bearing* yang aus karena *preventive maintenance* mesin yang tidak berjalan dengan baik. Perlu dibuat penjadwalan pengecekan mesin secara rutin dan penggunaan teknologi yang lebih tinggi.

Tindakan perbaikan kualitas untuk mengatasi *friction* pada proses *gear* produk *sprocket timing kvb* dengan menggunakan 5W+1H dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Analisis 5W+1H Untuk Cacat *Scratch* pada *Sprocket Timing KVB*

Faktor	What	Why	Where	Who	When	How
Manusia	Operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk	Agar meminimalisir cacat yang terjadi karena kelalaian operator	Lini Produksi	Kepala seksi produksi	Pada saat proses produksi berlangsung	Melakukan pengawasan kepada operator pada saat bekerja
Lingkungan	Kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang	Agar meminimalisir cacat yang terjadi akibat kurangnya pencahayaan	Lini Produksi	<i>Industrial Engineering</i>	Pada saat proses produksi berlangsung	Menambah lampu pada lini produksi

Berdasarkan Tabel 5.29, tindakan yang perlu diupayakan untuk meningkatkan kualitas produk yaitu:

1. Untuk faktor manusia yang disebabkan oleh operator kurang teliti pada saat *setting* awal, sehingga perlu diawasi pada saat melakukan penyetingan mesin yang dikontrol oleh kepala seksi produksi yang bertanggung jawab untuk memberikan pengarahan terhadap operator dalam melakukan pekerjaan, sehingga operator menjadi lebih teliti dan tidak salah pada saat *setting* mesin.
2. Untuk faktor lingkungan yang disebabkan Kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang perlu ditambahkan lampu pada lini produksi.

5.9 Produk dan Cacat Setelah Perbaikan

Perhitungan produk dan cacat setelah perbaikan adalah untuk mengetahui apakah proses produksi setelah dilakukan implementasi perbaikan dapat menjadi lebih baik atau tidak. Pada tahap ini dibuat peta kendali p setelah perbaikan, untuk mengetahui apakah nilai DPMO menurun atau tidak serta level *sigma*-nya meningkat atau tidak, setelah dilakukan implementasi. Data setelah dilakukan perbaikan, yaitu diteliti pada bulan April-Mei 2017. Jumlah produk yang dihasilkan dengan cacat dapat dilihat pada Tabel 5.30 Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5.30 Data Cacat Bulan April-Mei 2017

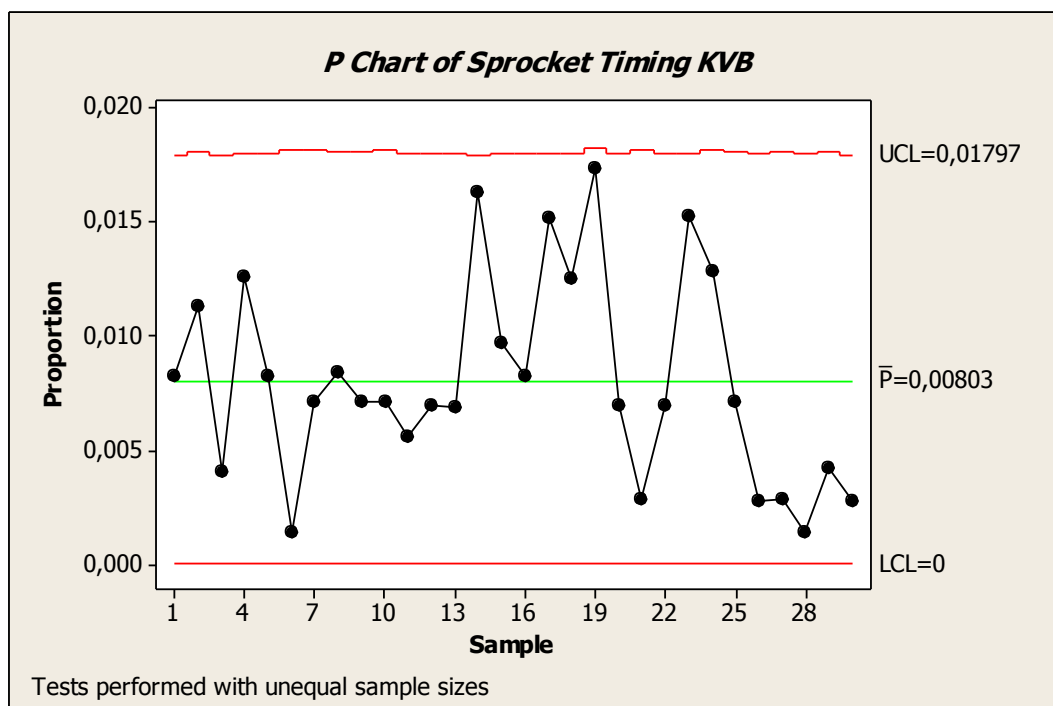
Tanggal Produksi	Jumlah Produksi	Jenis Cacat			Jumlah Cacat
		<i>Burly</i>	<i>Friction</i>	<i>Scratch</i>	
18/04/2017	726	4	2	0	6
19/04/2017	707	3	5	0	8
20/04/2017	731	1	2	0	3
21/04/2017	715	4	4	1	9
25/04/2017	723	2	3	1	6
26/04/2017	701	0	1	0	1
27/04/2017	697	3	2	0	5
28/04/2017	712	1	3	2	6
02/05/2017	703	2	0	3	5
03/05/2017	700	3	1	1	5

Tabel 5.30 Data Cacat Bulan April-Mei 2017 (Lanjutan)

Tanggal Produksi	Jumlah Produksi	Jenis Cacat			Jumlah Cacat
		<i>Burly</i>	<i>Friction</i>	<i>Scratch</i>	
18/04/2017	726	4	2	0	6
04/05/2017	719	0	4	0	4

05/05/2017	721	2	2	1	5
08/05/2017	723	3	2	0	5
09/05/2017	735	6	4	2	12
10/05/2017	722	3	3	1	7
12/05/2017	724	0	2	4	6
13/05/2017	723	5	2	4	11
15/05/2017	719	5	1	3	9
16/05/2017	690	4	4	4	12
17/05/2017	715	0	3	2	5
18/05/2017	694	0	1	1	2
19/05/2017	713	3	0	2	5
22/05/2017	719	5	4	2	11
23/05/2017	701	4	3	2	9
24/05/2017	702	1	2	2	5
26/05/2017	723	1	1	0	2
27/05/2017	709	1	0	1	2
29/05/2017	715	0	0	1	1
30/05/2017	703	1	0	2	3
31/05/2017	726	0	1	1	2
Total	21.411	67	62	43	172

Berdasarkan jumlah sampel dan jumlah cacat yang telah dihitung sebelumnya, langkah selanjutnya adalah membuat peta kendali P dengan aplikasi minitab untuk mengetahui apakah terdapat data yang berada di luar batas kendali atau tidak. Berikut peta kendali P dengan menggunakan aplikasi minitab dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Peta Kendali Setelah Dilakukan Perbaikan pada Proses

Dari peta kendali pada Gambar 5.8 diketahui bahwa semua data masuk dalam batas kontrol, artinya proses yang berjalan setelah adanya implementasi dapat terkendali secara statistik.

Total Produksi *part sprocket timing kvb* pada bulan April sampai Mei 2017 adalah 21.411 unit. Total jumlah cacat sebanyak 172 unit dan berdasarkan pengolahan data menggunakan diagram pareto diperoleh 3 jenis cacat yang dikategorikan sebagai CTQ potensial. Pengukuran *baseline* kinerja merupakan perhitungan besarnya nilai *sigma* produk dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus perhitungan *sigma* yang sudah baku, dan juga dengan menggunakan tabel nilai *sigma* yang tersedia. Hasil pengukuran berupa data atribut akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO. level *sigma* merupakan hasil konversi dari nilai DPMO ke dalam tabel *sigma*. Perhitungan DPMO dan nilai *sigma* yaitu:

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Banyaknya Produk yang Cacat}}{(\text{Banyaknya Produk yang Diperiksa} \times \text{CTQ Potential})} \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = \frac{172}{(21.411 \times 3)} \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = 2.678$$

Jika dilihat pada tabel konversi nilai DPMO ke nilai *sigma*, nilai DPMO 2.678 berada diantara nilai DPMO 2.635 dengan nilai *sigma* 4,29 dan Nilai DPMO 2.718 dengan nilai *sigma* 4,28. Diasumsikan nilai DPMO 2.718= x2, nilai DPMO 2.635= x1, nilai DPMO 2.678 = x, nilai *sigma* 4,28= y2, nilai *sigma* 4,29= y1. Untuk memperoleh nilai *sigma* DPMO 2.678 dapat digunakan rumus interpolasi linier sebagai berikut:

$$y = y1 + \frac{(x-x1)}{(x2-x1)} \times (y2-y1)$$

$$y = 4,28 + \frac{(2.678-2.635)}{(2.718-2.635)} \times (4,28 - 4,29)$$

$$y = 4,28$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa kemampuan proses produksi *sprocket timing kvb* berada pada nilai DPMO 2.678 dengan nilai kapabilitas *sigma* 4,28.

5.10 Perbandingan DPMO dan Level Sigma

Perbandingan DPMO dan level *sigma* dilakukan untuk mengetahui apakah DPMO setelah perbaikan mengalami penurunan dari DPMO sebelum perbaikan, sedangkan level *sigma* mengalami kenaikan setelah upaya perbaikan diimplementasikan terhadap proses. Besarnya DPMO dan level *sigma* sebelum dan setelah perbaikan diperlihatkan pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31

Perbandingan
DPMO dan
Level Sigma

No	<i>Baseline</i> Kinerja	Nilai		Selisih	Ket
		Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan		
1	DPMO	3.725	2.678	1.047	Turun
2	<i>Level sigma</i>	4,18	4,28	0,10	Naik

Berdasarkan Tabel 5.31 diketahui bahwa DPMO mengalami penurunan. Besarnya penurunan DPMO setelah dilakukan perbaikan yaitu sebesar 1.047 unit DPMO dan besarnya kenaikan level *sigma* sebesar 0,10.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian Dari hasil pengolahan data dan analisa dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sesuai dengan analisis yang dilakukan, diperoleh tiga jenis cacat yang terdapat pada produk *sprocket timing kvb*, diantaranya yaitu cacat *burry*, *friction* dan *scratch*. Cacat *burry* disebabkan *cutter* yang tumpul pada saat proses pembentukan *gear* dan kualitas bahan baku yang terlalu keras. Cacat *friction* disebabkan operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator, yaitu satu orang operator menjalankan empat mesin dan kecepatan *feeder* berubah karena as *hobbing* dan as *bearing* yang aus karena *preventive maintenance* mesin yang tidak berjalan dengan baik. Cacat *scratch* disebabkan operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk dan kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang.
2. Pada proses *gear* dengan penyebab kegagalan *burry* yang disebabkan faktor manusia memiliki nilai FRPN sebesar 598 dan faktor material memiliki nilai FRPN sebesar 598. Penyebab kegagalan *friction* yang disebabkan faktor manusia memiliki nilai FRPN sebesar 787 dan faktor metode memiliki nilai FRPN sebesar 787. Penyebab kegagalan *scratch* yang disebabkan faktor manusia memiliki nilai FRPN sebesar 787 dan faktor lingkungan memiliki nilai FRPN sebesar 780.
3. Tindakan perbaikan yang dilakukan guna meningkatkan kualitas proses produksi *sprocket timing kvb*, untuk cacat *burry* yaitu melakukan pengecekan *cutter* secara rutin dan pemilihan bahan baku yang berkualitas baik untuk digunakan dalam proses produksi. Perbaikan yang dilakukan untuk cacat *friction* yaitu melakukan pengecekan pada operator saat melakukan *setting* mesin dan membuat penjadwalan pengecekan mesin secara rutin dan penggunaan teknologi yang lebih tinggi. Perbaikan yang dilakukan untuk cacat *scratch* yaitu melakukan pengawasan kepada operator pada saat bekerja dan menambah lampu pada lini produksi.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat berguna bagi perusahaan. Adapun saran-saran yang diberikan kepada perusahaan antara lain:

1. Perusahaan sebaiknya melakukan evaluasi proses produksi dengan metode FMEA ini secara berkala dan kontinu untuk menganalisa ragam kecacatan yang dapat timbul, sehingga dapat mengidentifikasi solusi yang dapat mengatasi ragam kecacatan tersebut sebagai tindakan *preventive*.
2. Perusahaan hendaknya dapat melakukan pengecekan berkala terhadap peralatan-peralatan dan mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi, diharapkan pemantauan reliabilitas peralatan dan komponen-komponen mesin produksi dapat dilakukan secara komputerisasi. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya cacat yang potensial timbul selama proses produksi.
3. Perusahaan perlu melakukan pelatihan secara berkala kepada operator-operator yang berperan dalam proses produksi. Hal ini dimaksudkan agar dapat meningkatkan keahlian dan mendisiplinkan cara kerja operator, sehingga variasi yang timbul akibat dari ketidakseragaman metode kerja dapat dieliminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D. W. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik Pendekatan Kuantitatif dan Manajemen Kualitas*. Andi. Yogyakarta.
- Ariani, D. W. 2005. *Manajemen Kualitas (Pendekatan Sisi Kualitatif)*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Besterfield, D. H. 2003. *Total Quality Management (International Edition)*. Pearson Education International. New Jersey.
- Chrysler, W. P. 2008. *Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): Reference Manual*. Edisi Ke-4. Ford Motor Company. United States of America.
- Feigenbaum, A. V. 1996. *Kendali Mutu Terpadu*. Erlangga. Jakarta
- Gaspersz, Vincent. 1997. *Manajemen Kualitas*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001 : 2000 MBNQA dan HCCP*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Gaspersz, Vincent. 2011. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Penerbit Vinchristo Publication. Bogor.
- Irwan dan Haryono, Didi. 2015. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif)*. Alfabeta. Bandung.
- Juran, J. M. 1992. *Juran Quality By Design*. Free Press. New York.
- Kusumadewi, Sri dan Purnomo, Hari. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- McDermott, R. E. 2009. *The Basic of FMEA*. Edisi 2. CRC Press. Unite States of America.
- Prawirosentono, Suyadi. 2002. *Filosofi Baru Tentang Manajemen Mutu Terpadu*. Cetakan Pertama. Bumi Askara. Jakarta.
- Puente, Javier. 2002. *Artificial Intelligence Tools for Applying Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*. Universidad de Oviedo. Spain.

Yamit, Zulian. 2001, *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa*. Ekonosia. Yogyakarta.

Konversi Nilai DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
0,00	933.193	0,51	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)

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

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	Catatan: Tabel konversi ini Mencakup pengeseran 1,5- sigma untuk semua nilai Z	
4,49	1.395	5,00	233	5,51	30		
4,50	1.350	5,01	224	5,52	29		
4,51	1.306	5,02	216	5,53	28		
4,52	1.264	5,03	208	5,54	27		
4,53	1.223	5,04	200	5,55	26		
4,54	1.183	5,05	193	5,56	25		
4,55	1.144	5,06	185	5,57	24		
4,56	1.107	5,07	179	5,58	23		
4,57	1.070	5,08	172	5,59	22		
4,58	1.035	5,09	165	5,60	21		

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

125 Fuzzy Rules:

1. *If severity is very low occurrence is very low detectability is very low then FRPN is very low*
2. *If severity is very low occurrence is very low detectability is low then FRPN is very low*
3. *If severity is very low occurrence is very low detectability is moderate then FRPN is very low*
4. *If severity is very low occurrence is very low detectability is high then FRPN is very low-low*
5. *If severity is very low occurrence is very low detectability is very high then FRPN is very low-low*
6. *If severity is very low occurrence is low detectability is very low then FRPN is very low*
7. *If severity is very low occurrence is low detectability is low then FRPN is very low-low*
8. *If severity is very low occurrence is low detectability is moderate then FRPN is very low-low*
9. *If severity is very low occurrence is low detectability is high then FRPN is low*
10. *If severity is very low occurrence is low detectability is very high then FRPN is low*
11. *If severity is very low occurrence is moderate detectability is very low then FRPN is very low*
12. *If severity is very low occurrence is moderate detectability is low then FRPN is very low-low*
13. *If severity is very low occurrence is moderate detectability is moderate then FRPN is low*
14. *If severity is very low occurrence is moderate detectability is high then FRPN is low*
15. *If severity is very low occurrence is moderate detectability is very high then FRPN is low*
16. *If severity is very low occurrence is high detectability is very low then FRPN is very low-low*
17. *If severity is very low occurrence is high detectability is low then FRPN is low*

18. *If severity is very low occurrence is high detectability is moderate then FRPN is low*
19. *If severity is very low occurrence is high detectability is high then FRPN is low-moderate*
20. *If severity is very low occurrence is high detectability is very high then FRPN is low-moderate*
21. *If severity is very low occurrence is very high detectability is very low then FRPN is very low-low*
22. *If severity is very low occurrence is very high detectability is low then FRPN is low*
23. *If severity is very low occurrence is very high detectability is moderate then FRPN is low*
24. *If severity is very low occurrence is very high detectability is high then FRPN is low-moderate*
25. *If severity is very low occurrence is very high detectability is very high then FRPN is moderate*
26. *If severity is low occurrence is very low detectability is very low then FRPN is low*
27. *If severity is low occurrence is very low detectability is low then FRPN is low*
28. *If severity is low occurrence is very low detectability is moderate then FRPN is low*
29. *If severity is low occurrence is very low detectability is high then FRPN is low moderate*
30. *If severity is low occurrence is very low detectability is very high then FRPN is low-moderate*
31. *If severity is low occurrence is low detectability is very low then FRPN is low*
32. *If severity is low occurrence is low detectability is low then FRPN is low-moderate*
33. *If severity is low occurrence is low detectability is moderate then FRPN is low-moderate*
34. *If severity is low occurrence is low detectability is high then FRPN is moderate*
35. *If severity is low occurrence is low detectability is very high then FRPN is moderate*
36. *If severity is low occurrence is moderate detectability is very low then FRPN is low*
37. *If severity is low occurrence is moderate detectability is low then FRPN is low-moderate*
38. *If severity is low occurrence is moderate detectability is moderate then FRPN is moderate*

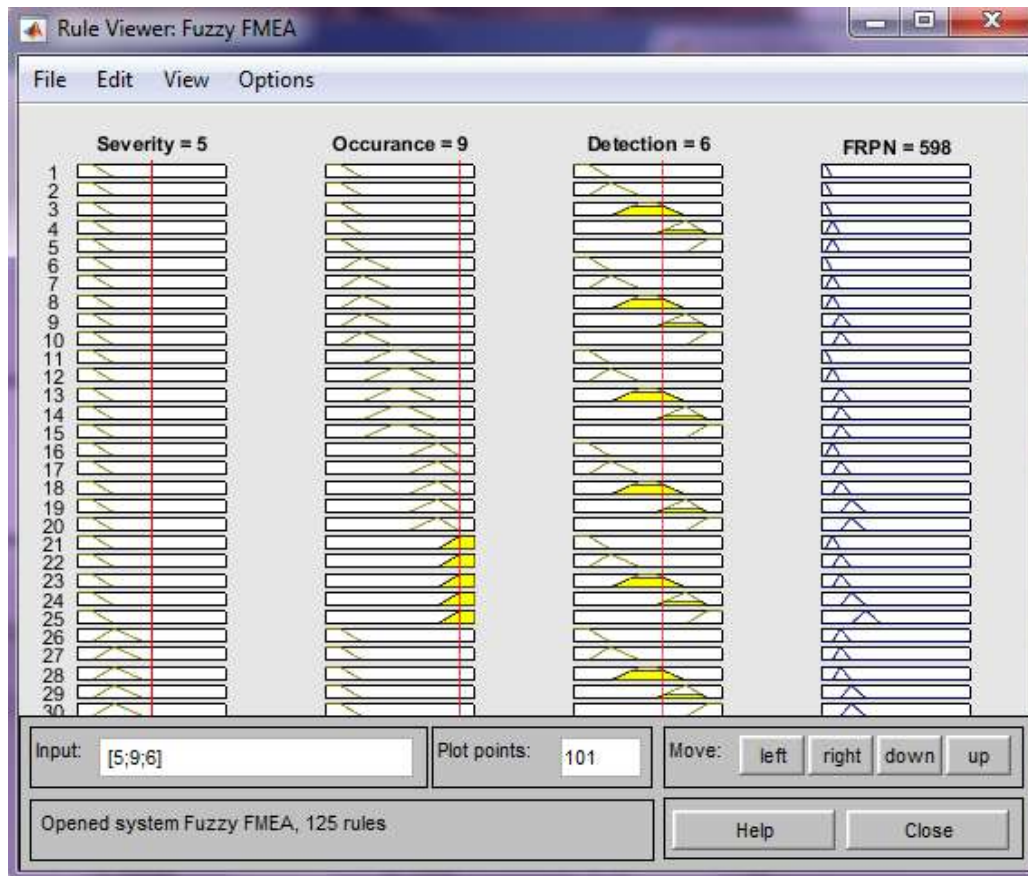
39. *If severity is low occurrence is moderate detectability is high then FRPN is moderate*
40. *If severity is low occurrence is moderate detectability is very high then FRPN is moderate*
41. *If severity is low occurrence is high detectability is very low then FRPN is low-moderate*
42. *If severity is low occurrence is high detectability is low then FRPN is moderate*
43. *If severity is low occurrence is high detectability is moderate then FRPN is moderate*
44. *If severity is low occurrence is high detectability is high then FRPN is moderate-high*
45. *If severity is low occurrence is high detectability is very high then FRPN is moderate-high*
46. *If severity is low occurrence is very high detectability is very low then FRPN is low-moderate*
47. *If severity is low occurrence is very high detectability is low then FRPN is moderate*
48. *If severity is low occurrence is very high detectability is moderate then FRPN is moderate*
49. *If severity is low occurrence is very high detectability is high then FRPN is moderate-high*
50. *If severity is low occurrence is very high detectability is very high then FRPN is high*
51. *If severity is moderate occurrence is very low detectability is very low then FRPN is moderate*
52. *If severity is moderate occurrence is very low detectability is low then FRPN is moderate*
53. *If severity is moderate occurrence is very low detectability is moderate then FRPN is moderate*
54. *If severity is moderate occurrence is very low detectability is high then FRPN is moderate-high*
55. *If severity is moderate occurrence is very low detectability is very high then FRPN is moderate-high*

56. *If severity is moderate occurrence is low detectability is very low then FRPN is moderate*
57. *If severity is moderate occurrence is low detectability is low then FRPN is moderate-high*
58. *If severity is moderate occurrence is low detectability is moderate then FRPN is moderate-high*
59. *If severity is moderate occurrence is low detectability is high then FRPN is high*
60. *If severity is moderate occurrence is low detectability is very high then FRPN is high*
61. *If severity is moderate occurrence is moderate detectability is very low then FRPN is moderate*
62. *If severity is moderate occurrence is moderate detectability is low then FRPN is moderate-high*
63. *If severity is moderate occurrence is moderate detectability is moderate then FRPN is high*
64. *If severity is moderate occurrence is moderate detectability is high then FRPN is high*
65. *If severity is moderate occurrence is moderate detectability is very high then FRPN is high*
66. *If severity is moderate occurrence is high detectability is very low then FRPN is moderate-high*
67. *If severity is moderate occurrence is high detectability is low then FRPN is high*
68. *If severity is moderate occurrence is high detectability is moderate then FRPN is high*
69. *If severity is moderate occurrence is high detectability is high then FRPN is high-very high*
70. *If severity is moderate occurrence is high detectability is very high then FRPN is high-very high*
71. *If severity is moderate occurrence is very high detectability is very low then FRPN is moderate-high*
72. *If severity is moderate occurrence is very high detectability is low then FRPN is high*
73. *If severity is moderate occurrence is very high detectability is moderate then FRPN is high*

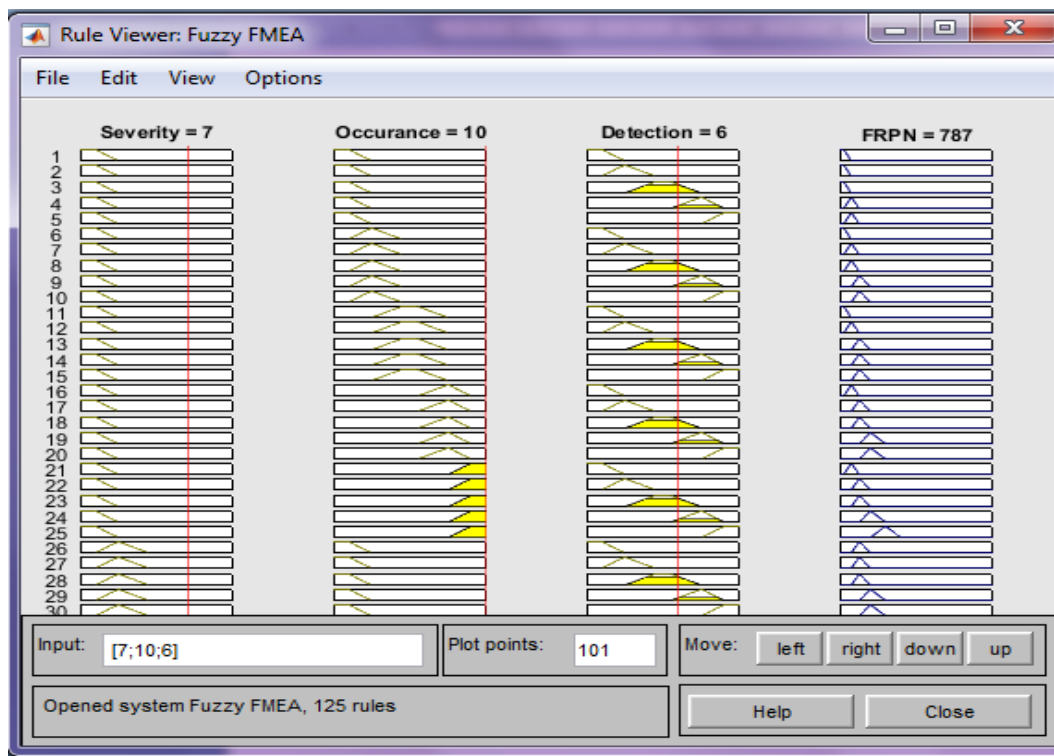
74. *If severity is moderate occurrence is very high detectability is high then FRPN is high-very high*
75. *If severity is moderate occurrence is very high detectability is very high then FRPN is very high*
76. *If severity is high occurrence is very low detectability is very low then FRPN is high*
77. *If severity is high occurrence is very low detectability is low then FRPN is high*
78. *If severity is high occurrence is very low detectability is moderate then FRPN is high*
79. *If severity is high occurrence is very low detectability is high then FRPN is high-very high*
80. *If severity is high occurrence is very low detectability is very high then FRPN is high-very high*
81. *If severity is high occurrence is low detectability is very low then FRPN is high*
82. *If severity is high occurrence is low detectability is low then FRPN is high- very high*
83. *If severity is high occurrence is low detectability is moderate then FRPN is high-very high*
84. *If severity is high occurrence is low detectability is high then FRPN is very high*
85. *If severity is high occurrence is low detectability is very high then FRPN is very high*
86. *If severity is high occurrence is moderate detectability is very low then FRPN is high*
87. *If severity is high occurrence is moderate detectability is low then FRPN is high-very high*
88. *If severity is high occurrence is moderate detectability is moderate then FRPN is very high*
89. *If severity is high occurrence is moderate detectability is high then FRPN is very high*
90. *If severity is high occurrence is moderate detectability is very high then FRPN is very high*
91. *If severity is high occurrence is high detectability is very low then FRPN is high-very high*

92. *If severity is high occurrence is high detectability is low then FRPN is very high*
93. *If severity is high occurrence is high detectability is moderate then FRPN is very high*
94. *If severity is high occurrence is high detectability is high then FRPN is very high*
95. *If severity is high occurrence is high detectability is very high then FRPN is very high*
96. *If severity is high occurrence is very high detectability is very low then FRPN is high-very high*
97. *If severity is high occurrence is very high detectability is low then FRPN is very high*
98. *If severity is high occurrence is very high detectability is moderate then FRPN is very high*
99. *If severity is high occurrence is very high detectability is high then FRPN is very high*
100. *If severity high is occurrence is very high detectability is very high then FRPN is very high*
101. *If severity is very high occurrence is very low detectability is very low then FRPN is very high*
102. *If severity is very high occurrence is very low detectability is low then FRPN is very high*
103. *If severity is very high occurrence is very low detectability is moderate then FRPN is very high*
104. *If severity is very high occurrence is very low detectability is high then FRPN is very high*
105. *If severity is very high occurrence is very low detectability is very high then FRPN is very high*
106. *If severity is very high occurrence is low detectability is very low then FRPN is very high*
107. *If severity is very high occurrence is low detectability is low then FRPN is very high*
108. *If severity is very high occurrence is low detectability is moderate then FRPN is very high*
109. *If severity is very high occurrence is low detectability is high then FRPN is very high*
110. *If severity is very high occurrence is low detectability is very high then FRPN is very high*

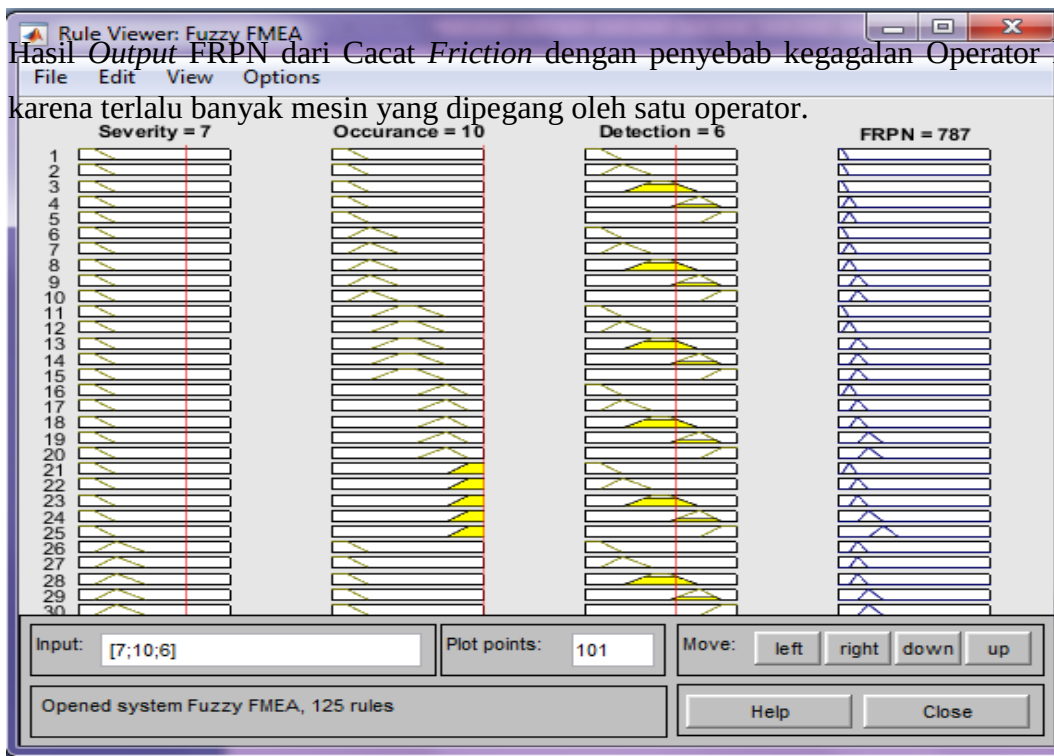
111. *If severity is very high occurrence is moderate detectability is very low then FRPN is very high*
112. *If severity is very high occurrence is moderate detectability is low then FRPN is very high*
113. *If severity is very high occurrence is moderate detectability is moderate then FRPN is very high*
114. *If severity is very high occurrence is moderate detectability is high then FRPN is very high*
115. *If severity is very high occurrence is moderate detectability is very high then FRPN is very high*
116. *If severity is very high occurrence is high detectability is very low then FRPN is very high*
117. *If severity is very high occurrence is high detectability is low then FRPN is very high*
118. *If severity is very high occurrence is high detectability is moderate then FRPN is very high*
119. *If severity is very high occurrence is high detectability is high then FRPN is very high*
120. *If severity is very high occurrence is high detectability is very high then FRPN is very high*
121. *If severity is very high occurrence is very high detectability is very low then FRPN is very high*
122. *If severity is very high occurrence is very high detectability is low then FRPN is very high*
123. *If severity is very high occurrence is very high detectability is moderate then FRPN is very high*
124. *If severity is very high occurrence is very high detectability is high then FRPN is very high*
125. *If severity is very high occurrence is very high detectability is very high then FRPN is very high*



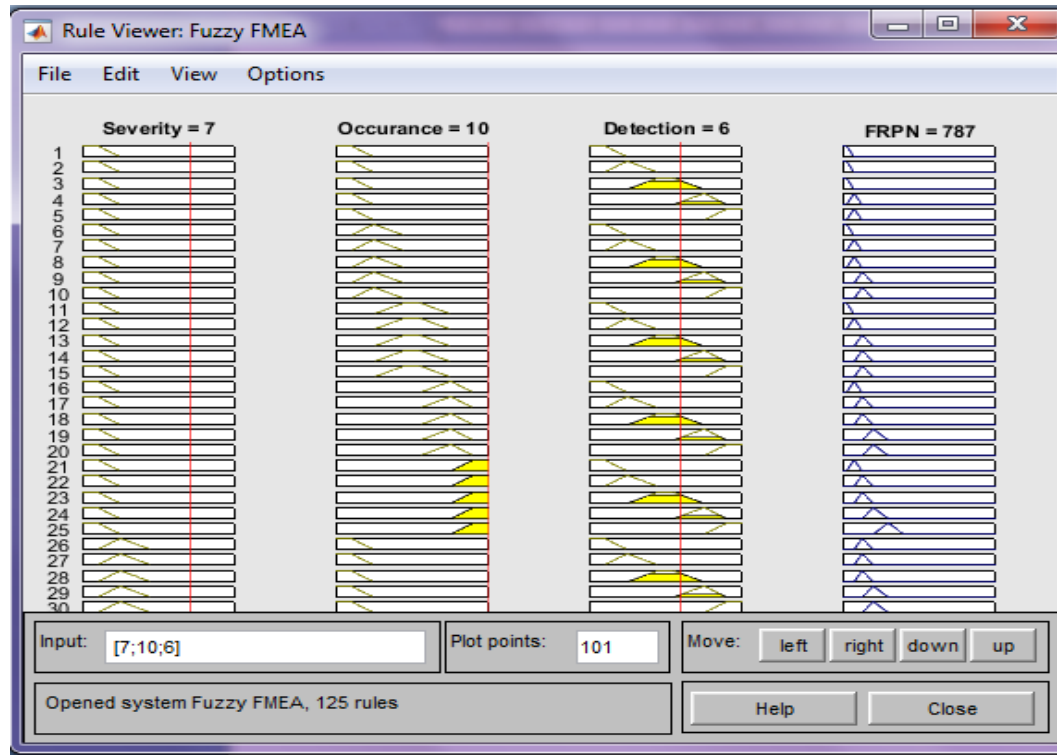
Hasil *Output* FRPN dari Cacat *Burry* dengan penyebab kegagalan kualitas bahan baku yang terlalu keras.



Hasil Output FRPN dari Cacat *Friction* dengan penyebab kegagalan Operator kurang teliti karena terlalu banyak mesin yang dipegang oleh satu operator.

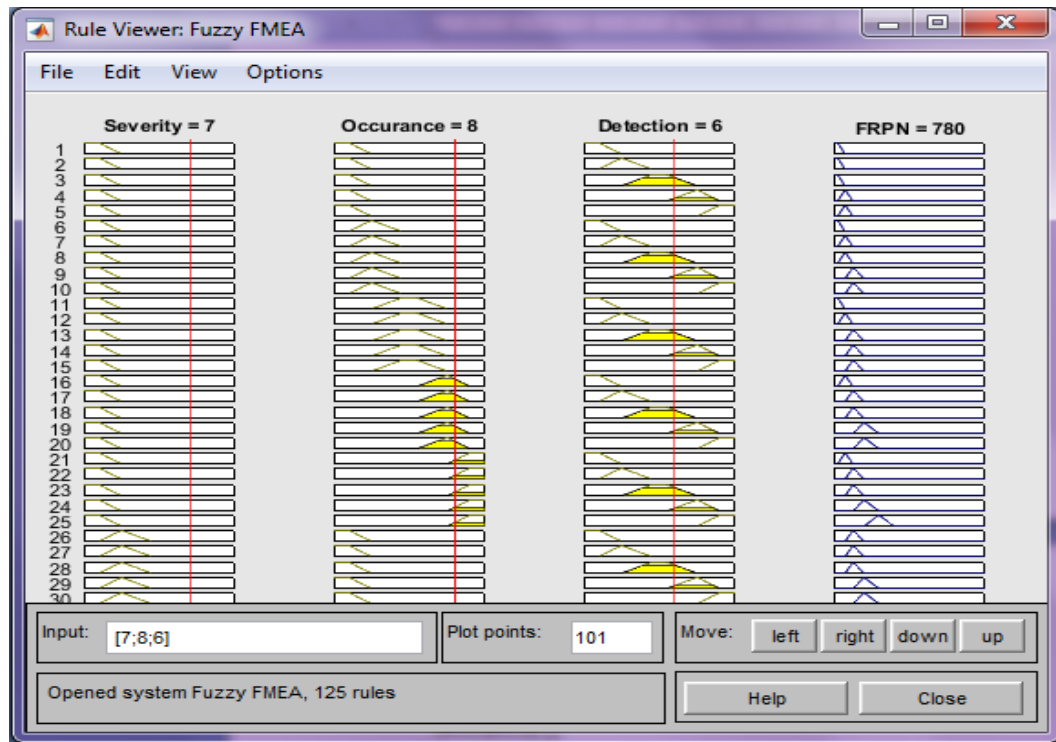


Hasil *Output* FRPN dari Cacat *Friction* dengan penyebab kegagalan kecepatan *feeder* berubah karena *as hobbing* dan *as bearing* yang aus karena *preventive maintenance* mesin yang tidak berjalan dengan baik.



Hasil *Output* FRPN dari Cacat *Scratch* dengan penyebab kegagalan Operator kurang teliti pada saat memegang komponen dikarenakan operator yang mengantuk.

Hasil *Output* FRPN dari Cacat *Scratch* dengan penyebab kegagalan kurangnya pencahayaan dikarenakan lampu pada ruang produksi kurang terang.



Unsur Material Sprocket Timing KVB

(Sumber: PT Diametral Involute)

Unsur	C (Karbon)	Si (Silikon)	Mn (Mangan)	P (Fosfor)	S (Belerang)	CR (Khrom)	Mo (Molibden)	S-Al (Belerang- Aluminium)	O (Oksigen)	N (Nitrogen)
Parameter	0,12-0,18	0,15-0,35	0,55-0,90	Max 30	Max 30	0,85-1,25	0,15-0,35	Min 0,15	Max 0,15	Min 0,10
Nilai	0,16	0,24	0,79	0,12	0,15	1,09	0,15	0,35	0,09	0,15

SISTEM PERIODIK UNSUR-KIMIA

MLS
BL+G <http://marcolausantosa.blogspot.com>

																		VIII A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
IA																		II A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	1.00794																	2	4.00260																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1	1.00794																	He	4.00260																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3	6.941	4	9.012															10	20.180																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3	6.941	4	9.012															Ne	20.180																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11	22.990	12	24.305															18	35.453																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11	22.990	12	24.305															Ar	35.453																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
19	39.098	20	40.078	21	44.956	22	47.88	23	50.942	24	51.996	25	54.938	26	55.935	27	58.933	28	58.933	29	63.546	30	65.37	31	69.723	32	72.64	33	74.922	34	78.96	35	79.904	36	83.905	37	85.468	38	87.62	39	88.906	40	91.224	41	92.906	42	95.94	43	97.90	44	101.07	45	102.905	46	106.42	47	107.868	48	112.411	49	114.818	50	118.710	51	121.757	52	127.60	53	126.905	54	131.29	55	132.905	56	137.327	57	138.905	58	140.908	59	144.913	60	147.071	61	150.919	62	153.92	63	157.925	64	161.929	65	164.930	66	168.935	67	171.937	68	175.941	69	178.944	70	182.947	71	186.951	72	188.953	73	192.956	74	196.96	75	198.962	76	200.964	77	203.973	78	207.977	79	208.980	80	208.980	81	208.980	82	208.980	83	208.980	84	208.980	85	208.980	86	208.980	87	208.980	88	208.980	89	208.980	90	208.980	91	208.980	92	208.980	93	208.980	94	208.980	95	208.980	96	208.980	97	208.980	98	208.980	99	208.980	100	208.980	101	208.980	102	208.980	103	208.980	104	208.980	105	208.980	106	208.980	107	208.980	108	208.980	109	208.980	110	208.980	111	208.980	112	208.980	113	208.980	114	208.980	115	208.980	116	208.980	117	208.980	118	208.980	119	208.980	120	208.980	121	208.980	122	208.980	123	208.980	124	208.980	125	208.980	126	208.980	127	208.980	128	208.980	129	208.980	130	208.980	131	208.980	132	208.980	133	208.980	134	208.980	135	208.980	136	208.980	137	208.980	138	208.980	139	208.980	140	208.980	141	208.980	142	208.980	143	208.980	144	208.980	145	208.980	146	208.980	147	208.980	148	208.980	149	208.980	150	208.980	151	208.980	152	208.980	153	208.980	154	208.980	155	208.980	156	208.980	157	208.980	158	208.980	159	208.980	160	208.980	161	208.980	162	208.980	163	208.980	164	208.980	165	208.980	166	208.980	167	208.980	168	208.980	169	208.980	170	208.980	171	208.980	172	208.980	173	208.980	174	208.980	175	208.980	176	208.980	177	208.980	178	208.980	179	208.980	180	208.980	181	208.980	182	208.980	183	208.980	184	208.980	185	208.980	186	208.980	187	208.980	188	208.980	189	208.980	190	208.980	191	208.980	192	208.980	193	208.980	194	208.980	195	208.980	196	208.980	197	208.980	198	208.980	199	208.980	200	208.980	201	208.980	202	208.980	203	208.980	204	208.980	205	208.980	206	208.980	207	208.980	208	208.980	209	208.980	210	208.980	211	208.980	212	208.980	213	208.980	214	208.980	215	208.980	216	208.980	217	208.980	218	208.980	219	208.980	220	208.980	221	208.980	222	208.980	223	208.980	224	208.980	225	208.980	226	208.980	227	208.980	228	208.980	229	208.980	230	208.980	231	208.980	232	208.980	233	208.980	234	208.980	235	208.980	236	208.980	237	208.980	238	208.980	239	208.980	240	208.980	241	208.980	242	208.980	243	208.980	244	208.980	245	208.980	246	208.980	247	208.980	248	208.980	249	208.980	250	208.980	251	208.980	252	208.980	253	208.980	254	208.980	255	208.980	256	208.980	257	208.980	258	208.980	259	208.980	260	208.980	261	208.980	262	208.980	263	208.980	264	208.980	265	208.980	266	208.980	267	208.980	268	208.980	269	208.980	270	208.980	271	208.980	272	208.980	273	208.980	274	208.980	275	208.980	276	208.980	277	208.980	278	208.980	279	208.980	280	208.980	281	208.980	282	208.980	283	208.980	284	208.980	285	208.980	286	208.980	287	208.980	288	208.980	289	208.980	290	208.980	291	208.980	292	208.980	293	208.980	294	208.980	295	208.980	296	208.980	297	208.980	298	208.980	299	208.980	300	208.980	301	208.980	302	208.980	303	208.980	304	208.980	305	208.980	306	208.980	307	208.980	308	208.980	309	208.980	310	208.980	311	208.980	312	208.980	313	208.980	314	208.980	315	208.980	316	208.980	317	208.980	318	208.980	319	208.980	320	208.980	321	208.980	322	208.980	323	208.980	324	208.980	325	208.980	326	208.980	327	208.980	328	208.980	329	208.980	330	208.980	331	208.980	332	208.980	333	208.980	334	208.980	335	208.980	336	208.980	337	208.980	338	208.980	339	208.980	340	208.980	341	208.980	342	208.980	343	208.980	344	208.980	345	208.980	346	208.980	347	208.980	348	208.980	349	208.980	350	208.980	351	208.980	352	208.980	353	208.980	354	208.980	355	208.980	356	208.980	357	208.980	358	208.980	359	208.980	360	208.980	361	208.980	362	208.980	363	208.980	364	208.980	365	208.980	366	208.980	367	208.980	368	208.980	369	208.980	370	208.980	371	208.980	372	208.980	373	208.980	374	208.980	375	208.980	376	208.980	377	208.980	378	208.980	379	208.980	380	208.980	381	208.980	382	208.980	383	208.980	384	208.980	385	208.980	386	208.980	387	208.980	388	208.980	389	208.980	390	208.980	391	208.980	392	208.980	393	208.980	394	208.980	395	208.980	396	208.980	397	208.980	398	208.980	399	208.980	400	208.980	401	208.980	402	208.980	403	208.980	404	208.980	405	208.980	406	208.980	407	208.980	408	208.980	409	208.980	410	208.980	411	208.980	412	208.980	413	208.980	414	208.980	415	208.980	416	208.980	417	208.980	418	208.980	419	208.980	420	208.980	421	208.980	422	208.980	423	208.980	424	208.980	425	208.980	426	208.980	427	208.980	428	208.980	429	208.980	430	208.980	431	208.980	432	208.980	433	208.980	434	208.980	435	208.980	436	208.980	437	208.980	438	208.980	439	208.980	440	208.980	441	208.980	442	208.980	443	208.980	444	208.980	445	208.980	446	208.980	447	208.980	448	208.980	449	208.980	450	208.980	451	208.980	452	208.980	453	208.980	454	208.980	455	208.980	456	208.980	457	208.980	458	208.980	459	208.980	460	208.980	461	208.980	462	208.980	463	208.980	464	208.980	465	208.980	466	208.980	467	208.980	468	208.980	469	208.980	470	208.980	471	208.980	472	208.980	473	208.980	474	208.980	475	208.980	476	208.980	477	208.980	478	208.980	479	208.980	480	208.980	481	208.980	482	208.980	483	208.980	484	208.980	485	208.980	486	208.980	487	208.980	488	208.980	489	208.980	490	208.980	491	208.980	492	208.980	493	208.980	494	208.980	495	208.980	496	208.980	497	208.980	498	208.980	499	208.980	500	208.980	501	208.980	502	208.980	503	208.980	504	208.980	505	208.980	506	208.980	507	208.980	508	208.980	509	208.980	510	208.980	511	208.980	512	208.980	513	208.980	514	208.980	515	208.980	516	208.980	517	208.980	518	208.980	519	208.980	520	208.980	521	208.980	522	208.980	523	208.980	524	208.980	525	208.980	526	208.980	527	208.980	528	208.980	529	208.980	530	208.980	531	208.980	532	208.980	533	208.980	534	208.980	535	208.980	536	208.980	537	208.980	538	208.980	539	208.980	540	208.980	541	208.980	542	208.980	543	208.980	544	208.980	545	208.980	546	208.980	547	208.980	548	208.980	549	208.980	550	208.980	551	208.980	552	208.980	553	208.980	554	208.980	555	208.980	556	208.980	557	208.980	558	208.980	559	208.980	560	208.980	561	208.980	562	208.980	563	208.980	564	208.980	565	208.980	566	208.980	567	208.980	568	208.980	569	208.980	570	208.980	571	208.980	572	208.980	573	208.980	574	208.980	575	208.980	576	208.980	577	208.980	578	208.980	579	208.980	580	208.980	581	208.980	582	208.980	583	208.980	584	208.980	585	208.980	586	208.980	587	208.980	588	208.980	589	208.980	590	208.980	591	208.980	592	208.980	593	208.980	594	208.980	595	208.980	596	208.980	597	208.980	598	208.980	599	208.980	600	208.980	601	208.980	602	208.980	603	208.980	604	208.980	605	208.980	606	208.980	607	208.980	608	208.980	609	208.980	610	208.980	611	208.980	612	208.980	613	208.980	614	208.980	615	208.980	616	208.980	617	208.980	618	208.980	619	208.980	620	208.980	621	208.980	622	208.980



Diametral

Involute

PT DIAMETRAL INVOLUTE

LAMPIRAN E

Nama Part : Sprocket Timing KVB

No	Tanggal	Nama	Kebersihan mesin			Cutter			As bearing			As Hobbing			Ket.
			SK	B	SB	SK	B	SB	SK	B	SB	SK	B	SB	
1	18/04/17	Turning 1													
		Turning 2													
		Turning 3													
		Turning 4													
		Turning 5													
		Turning 6													
		Turning 7													
		Turning 8													
2		Hobbing 1													
		Hobbing 2													
		Hobbing 3													
		Hobbing 4													
		Hobbing 5													
		Hobbing 6													
		Hobbing 7													
		Hobbing 8													
		Hobbing 9													
Keterangan: SK=Sangat Kurang, B=Baik dan SB=Sangat Baik															

