

No. Dok: 4505.

copy : 1

D
600-5
Kri
A.

**ANALISIS PRIORITAS PENYEBAB KEGAGALAN PADA PROSES
PRODUKSI TUBE 811X MENGGUNAKAN METODE MULTI
ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS (MAFMA)
DI PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA (BSIN)**

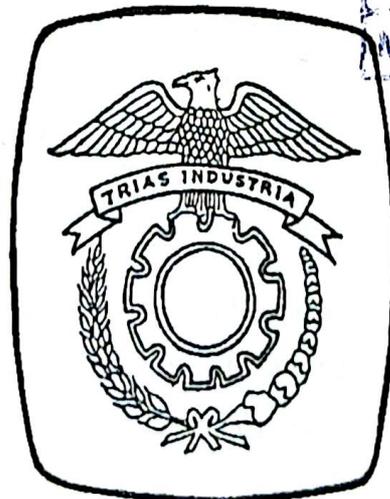
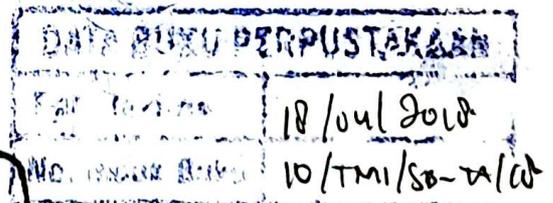
TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Penyelesaian Program
Diploma IV Program Studi Teknik dan Manajemen Industri**

DISUSUN OLEH:

NAMA : SUSAN IMELDA KRISTINE P.

NIM : 1111045



**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
JAKARTA**

2015

**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR:

**ANALISIS PRIORITAS PENYEBAB KEGAGALAN PADA PROSES
PRODUKSI *TUBE* 811X MENGGUNAKAN METODE *MULTI
ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS* (MAFMA) DI PT
BRIDGESTONE TIRE INDONESIA (BSIN)**

DISUSUN OLEH:

**NAMA : SUSAN IMELDA KRISTINE P.
NIM : 1111045
PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI**

**Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diajukan
dan Dipertahankan Dalam Ujian Tugas Akhir
Sekolah Tinggi Manajemen Industri**

Jakarta, 4 September 2015

Dosen Pembimbing



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

**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR:

**“ANALISIS PRIORITAS PENYEBAB KEGAGALAN PADA PROSES
PRODUKSI TUBE 811X MENGGUNAKAN METODE *MULTI
ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS* (MAFMA) DI PT
BRIDGESTONE TIRE INDONESIA (BSIN)”**

DISUSUN OLEH:

**NAMA : SUSAN IMELDA KRISTINE P.
NIM : 1111045
PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI**

**Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Sekolah Tinggi
Manajemen Industri pada hari Senin tanggal 09 November 2015.**

Jakarta, November 2015

Penguji 1,



Dr. Huwae Elias Paulus, M.Sc., M.M.

Penguji 2,



Ir. Suriadi A. S., M.Com

Penguji 3,



Juhari Mas'udi, S.Mi., M.M.

Penguji 4,



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



LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Susan Imelda Kristine P.
 NIM : 1111045
 Judul TA : Analisis Prioritas Penyebab Kegagalan Pada Proses Produksi Tube 811X Menggunakan Metode Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA) Di PT Bridgestone Tire Indonesia (BSTN)
 Pembimbing : Siti Aisyah, S.T., M.T.
 Asisten Pembimbing :

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
15 Juni 2015	Bab I	Revisi	
22 Juni 2015	Bab I	Revisi	
	Bab II	Tambahkan	
30 Juli 2015	Bab I, III	OK	
	Bab II	Tambahkan	
18 Agustus 2015	Bab IV	Revisi	
24 Agustus 2015	Bab IV	OK	
	Bab V	OK	
01 Sept 2015	Bab V	Revisi	
03 Sept 2015	Bab V	OK	
	Bab VI	Revisi	
04 Sept 2015	Bab VI	OK	
	TA - full	OK	

Mengetahui,
Ka Prodi

DR. MURTOKA, S.T., M.T.

NIP : 19300924200312001

Pembimbing

SITI AISYAH, S.T., M.T.

NIP : 197712172002122003



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Susan Imelda Kristine P.

NIM : 1111045

Berstatus sebagai mahasiswa program studi Teknik dan Manajemen Industri di Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul **“ANALISIS PRIORITAS PENYEBAB KEGAGALAN PADA PROSES PRODUKSI TUBE 811X MENGGUNAKAN METODE MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS (MAFMA) DI PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA (BSIN)”**

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

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

Jakarta, 4 September 2015
Yang Membuat Pernyataan



Susan Imelda Kristine P.

ABSTRAK

PT Bridgestone Tire Indonesia (BSIN) adalah perusahaan “*joint venture*” antara perusahaan swasta Indonesia dan Jepang yang didirikan untuk memenuhi kebutuhan produk *tire*, *tube*, dan *flap* yang bermutu tinggi baik untuk pelanggan di Indonesia maupun mancanegara. *Tube 811X* adalah salah satu produk yang rutin diproduksi oleh perusahaan. Seiring perjalanan, perusahaan dihadapkan pada masalah yaitu jumlah cacat *tube 811X* yang sering melewati batas toleransi, yakni sebesar 1% dari total produksi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA) dengan Pendekatan *Fuzzy AHP* untuk mengidentifikasi jenis kegagalan potensial serta penyebabnya lalu menentukan prioritasnya. MAFMA merupakan metode reliabilitas dan analisis bentuk kegagalan yang mengintegrasikan aspek konvensional dari FMEA dengan mempertimbangkan aspek ekonomi (Braglia, 2000). Pada metode MAFMA prioritas penyebab kegagalan ditentukan oleh hasil pembobotan. Pembobotan dihitung dengan pendekatan *Fuzzy AHP*. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa jenis cacat yang paling dominan pada proses produksi *tube 811X* adalah DSSG, FDT, FMIS, DPL, BUV, dan FMOS *rubber punching*. Diperoleh enam jenis kegagalan potensial dari hasil identifikasi jenis kegagalan potensial serta penyebabnya pada proses produksi *tube 811X* dengan metode FMEA, yaitu saringan mesh 40-10 rusak yang disebabkan oleh *over pressing* (*Cause A*), *rubber lettering* rusak yang disebabkan oleh belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika sudah rusak (*Cause B*), *vacuum* tersumbat yang disebabkan oleh mesin *vacuum* abnormal (*Cause C*), *rubber jig tool* aus yang disebabkan oleh jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*), *press clamp error* yang disebabkan oleh *seal piston* aus (*Cause E*), dan lipatan tidak radius yang disebabkan oleh tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube* radius (*Cause F*). Urutan prioritas penyebab kegagalan berdasarkan hasil pembobotan menggunakan metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP* adalah *Cause D*, *Cause A*, *Cause E*, *Cause F*, *Cause C*, dan *Cause B* masing-masing dengan bobot 0,214, 0,198, 0,177, 0,165, 0,138, dan 0,105. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa penyebab kegagalan yang paling prioritas (*Cause D*) cukup kuat (*robust*) dan pemilihan *Cause D* dapat diterima dengan tingkat kepercayaan yang baik. Usulan perbaikan diberikan untuk mengatasi *Cause D* yaitu dengan mengubah jadwal penggantian *rubber jig tool* menjadi setiap 3,5 tahun.

Kata kunci: FMEA, MAFMA, *Fuzzy AHP*, Bobot, Prioritas

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan kasih-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“ANALISIS PRIORITAS PENYEBAB KEGAGALAN PADA PROSES PRODUKSI TUBE 811X MENGGUNAKAN METODE *MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS* (MAFMA) DI PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA (BSIN)”** sebagai salah satu persyaratan akademis untuk menyelesaikan Program Diploma IV Program Studi Teknik dan Manajemen Industri (TMI) di Sekolah Tinggi Manajemen Industri (STMI) Kementerian Perindustrian RI.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada kedua orang tua penulis yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis demi kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, kedua kakak penulis, dan adik penulis yang senantiasa mendukung penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

- Bapak Drs. Achmad Zawawi, M.A., M.M. selaku Ketua Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian RI yang telah mengemban tugasnya dan membantu kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
- Ibu Indah Kurnia Mahasih Lianny, S.T., M.T. selaku Pembantu Ketua I bidang akademik yang telah mengemban tugasnya dan membantu kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
- Bapak DR. Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik dan Manajemen Industri yang telah mengemban tugasnya dan membantu kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
- Ibu Siti Aisyah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penulis membuat Tugas Akhir ini.
- Bapak Taswir Syahfoeddin, S.MI., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan.

- Bapak Petrus selaku pihak *Human Resources & General Accounting* (HR & GA) PT BSIN yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan praktik kerja lapangan dan penelitian untuk Tugas Akhir.
- Bapak Bambang dan Bapak Harry selaku manajer dan *chief* seksi *Quality Assurance* (QA) PT BSIN yang telah memberikan informasi dan bantuan kepada penulis selama melakukan penelitian.
- Bapak Deni dan Bapak Hadi selaku staf seksi *Quality Assurance* (QA) PT BSIN sekaligus pembimbing selama praktik kerja lapangan dan penelitian yang telah memberikan informasi tentang produk *tube* dan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Elisa, Rilo, Uji, Eca, Linda, Dwi yang sering menghibur dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Yuza, Juliana, Lintang, Hanna, Anisah, Ita, Cintya, Atika, Trianti, dan seluruh teman jurusan TMI angkatan 2011 yang telah mendukung dan membantu penulis selama masa kuliah dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
- Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca di kemudian hari. Aamiin.

Jakarta, 4 September 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I: PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II: LANDASAN TEORI	
2.1 Definisi Kualitas	6
2.2 Dimensi Kualitas Produk	6
2.3 Diagram Pareto.....	7
2.4 Sejarah Singkat <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	9
2.4.1 Pengertian FMEA	9
2.4.2 Tujuan FMEA	9
2.4.3 Jenis-Jenis FMEA	10

2.4.4	Tahapan Pembuatan FMEA	10
2.4.5	Menentukan <i>Severity</i> , <i>Occurrence</i> , <i>Detection</i> , dan <i>Risk Priority Number</i>	11
2.5	<i>Five Whys</i>	15
2.6	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	16
2.6.1	Langkah-Langkah AHP	16
2.6.2	Penyusunan Hierarki	17
2.6.3	Penentuan Prioritas dan Sintesis	18
2.6.4	Uji Konsistensi.....	20
2.7	Logika <i>Fuzzy</i>	21
2.7.1	Himpunan <i>Fuzzy</i>	22
2.7.2	Fungsi Keanggotaan	24
2.7.3	Operator Dasar Zadeh	27
2.8	<i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP)</i>	28
2.8.1	<i>Triangular Fuzzy Number (TFN)</i>	29
2.8.2	Nilai <i>Fuzzy Synthetic Extent</i>	30
2.8.3	Perhitungan Vektor Prioritas Pada <i>Fuzzy AHP</i>	31
2.8.4	Langkah-Langkah Perhitungan <i>Fuzzy AHP</i>	32
2.9	<i>Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA)</i>	33
2.10	<i>Minitab</i>	36

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Jenis dan Sumber Data	38
3.1.1	Jenis Data	38
3.1.2	Sumber Data	39
3.2	Teknik Pengumpulan Data	39
3.3	Teknik Analisis Data	40
3.3.1	Studi Lapangan	40
3.3.2	Identifikasi Masalah	40
3.3.3	Studi Pustaka	41
3.3.4	Perumusan Masalah	41

3.3.5 Tujuan Penelitian	41
3.3.6 Pengumpulan Data	41
3.3.7 Pengolahan Data	42
3.3.8 Analisis dan Pembahasan	45
3.3.9 Kesimpulan dan Saran	46

BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data	49
4.1.1 Data Umum Perusahaan	49
4.1.1.1 Profil Perusahaan	49
4.1.1.2 Misi dan Kebijakan Perusahaan	50
4.1.1.3 Sejarah Perkembangan Perusahaan	51
4.1.1.4 Struktur Organisasi	52
4.1.1.5 <i>Job Description</i>	53
4.1.1.6 Produk Perusahaan	56
4.1.1.7 Waktu Kerja	57
4.1.1.8 Sistem Penggajian	57
4.1.2 Produk <i>Tube 811X TR-177A</i>	58
4.1.3 Proses Produksi <i>Tube</i>	59
4.1.4 Data Jenis dan Jumlah Cacat <i>Tube 811X</i>	63
4.2 Pengolahan Data	64
4.2.1 Menentukan Masalah Dominan	65
4.2.2 Pengolahan Data dengan Metode FMEA ..	68
4.2.2.1 Identifikasi Jenis Kegagalan Potensial	68
4.2.2.2 Identifikasi Efek Kegagalan Potensial	69
4.2.2.3 Menentukan Nilai <i>Severity</i>	70
4.2.2.4 Identifikasi Penyebab Kegagalan Potensial	71
4.2.2.5 Menentukan Nilai <i>Occurrence</i>	73
4.2.2.6 Identifikasi Kendali Saat Ini	74
4.2.2.7 Menentukan Nilai <i>Detection</i>	75
4.2.2.8 Menghitung Nilai <i>Risk Priority Number (RPN)</i>	77

4.2.3	Menyusun Struktur Hierarki MAFMA	79
4.2.4	Penilaian Perbandingan Berpasangan dengan Skala AHP	80
4.2.4.1	Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria dengan Skala AHP	80
4.2.4.2	Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> dengan Skala AHP	81
4.2.5	Menghitung Konsistensi Penilaian Perbandingan Berpasangan	85
4.2.5.1	Uji Konsistensi Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria	86
4.2.5.2	Uji Konsistensi Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i>	86
4.2.6	Menghitung Bobot Kriteria dan Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> dengan Pendekatan <i>Fuzzy AHP</i>	87
4.2.6.1	Pembobotan Kriteria dengan Pendekatan <i>Fuzzy AHP</i>	88
4.2.6.2	Pembobotan Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> dengan Pendekatan <i>Fuzzy AHP</i>	92
4.2.7	Perhitungan Akhir Pada Metode MAFMA	99
4.2.7.1	Menghitung <i>Local Priority</i>	99
4.2.7.2	Menghitung <i>Total Priority</i>	101
4.2.7.3	Menghitung <i>Overall Priority (Evaluation)</i>	103

BAB V: ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1	Analisis Masalah Dominan.....	104
5.2	Analisis Bobot Prioritas Kriteria	105
5.3	Analisis Bobot Prioritas Alternatif Di Setiap Kriteria	107
5.3.1	Bobot Prioritas Alternatif Di Kriteria <i>Severity</i>	107
5.3.2	Bobot Prioritas Alternatif Di Kriteria <i>Chance of Failure (Occurrence)</i>	108

5.3.3	Bobot Prioritas Alternatif Di Kriteria <i>Chance of Non-Detection (Detection)</i>	109
5.3.4	Bobot Prioritas Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i>	110
5.4	Analisis Prioritas Penyebab Kegagalan Pada Metode MAFMA dengan Pendekatan <i>Fuzzy AHP</i>	112
5.5	Analisis Usulan Perbaikan Penyebab Kegagalan.....	115
5.5.1	Usulan Perbaikan <i>Cause A</i>	115
5.5.2	Usulan Perbaikan <i>Cause B</i>	116
5.5.3	Usulan Perbaikan <i>Cause C</i>	117
5.5.4	Usulan Perbaikan <i>Cause D</i>	118
5.5.5	Usulan Perbaikan <i>Cause E</i>	119
5.5.6	Usulan Perbaikan <i>Cause F</i>	119
5.6	Analisis Sensitivitas	120
BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	123
6.2	Saran	124
DAFTAR PUSTAKA		126
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria <i>Severity</i>	11
Tabel 2.2	Kriteria <i>Occurrence</i>	13
Tabel 2.3	Kriteria <i>Detection</i>	14
Tabel 2.4	Penggunaan <i>Five Whys</i> untuk Menemukan Akar Penyebab Masalah (Observasi Mesin sering Macet)	15
Tabel 2.5	Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan	19
Tabel 2.6	Nilai <i>Random Index</i> (RI)	21
Tabel 2.7	Skala Nilai <i>Fuzzy</i> Segitiga	29
Tabel 4.1	<i>Job Description</i> PT BSIN	53
Tabel 4.2	Waktu Kerja Sistem <i>Shift</i>	57
Tabel 4.3	Data Jenis dan Jumlah Cacat <i>Tube</i> 811X Periode April 2014–Maret 2015	63
Tabel 4.4	Jenis dan Jumlah Cacat <i>Tube</i> 811X Periode April 2014–Maret 2015 Setelah Diurutkan	65
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Persentase dan Persentase Kumulatif Tiap Jenis Cacat <i>Tube</i> 811X	66
Tabel 4.6	Identifikasi Jenis Kegagalan Potensial	69
Tabel 4.7	Identifikasi Efek Kegagalan Potensial	70
Tabel 4.8	Penentuan Nilai <i>Severity</i>	71
Tabel 4.9	Identifikasi Penyebab Kegagalan Potensial	72
Tabel 4.10	Penentuan Nilai <i>Occurrence</i>	73
Tabel 4.11	Identifikasi Kendali Saat Ini.....	74
Tabel 4.12	Penentuan Nilai <i>Detection</i>	76
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Nilai RPN	78
Tabel 4.14	Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria Responden 1...	81
Tabel 4.15	Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria Responden 2...	81

Tabel 4.16 Tabel Total Biaya <i>Rework</i> dan <i>Scrap Tube</i> 811X Periode April 2014–Maret 2015	83
Tabel 4.17 Tabel Biaya Tiap Penyebab Kegagalan.....	84
Tabel 4.18 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> Responden 1	84
Tabel 4.19 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> Responden 2	85
Tabel 4.20 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria Hasil <i>Geometric Mean</i>	86
Tabel 4.21 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> Hasil <i>Geometric Mean</i>	87
Tabel 4.22 Matriks Perbandingan Berpasangan <i>Fuzzy AHP</i> Antar Kriteria Responden 1	88
Tabel 4.23 Matriks Perbandingan Berpasangan <i>Fuzzy AHP</i> Antar Kriteria Responden 2	88
Tabel 4.24 Matriks Perbandingan Berpasangan <i>Fuzzy AHP</i> Antar Kriteria Setelah Digabung	89
Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Jumlah Baris dan Kolom Nilai Sintesis <i>Fuzzy</i> Antar Kriteria	89
Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Nilai <i>Fuzzy Synthetic Extent</i> (Si) Tiap Kriteria .	90
Tabel 4.27 Matriks Perbandingan Berpasangan <i>Fuzzy AHP</i> Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> Responden 1	93
Tabel 4.28 Matriks Perbandingan Berpasangan <i>Fuzzy AHP</i> Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> Responden 2.....	93
Tabel 4.29 Matriks Perbandingan Berpasangan <i>Fuzzy AHP</i> Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i> Setelah Digabung	93
Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Jumlah Baris dan Kolom Nilai Sintesis <i>Fuzzy</i> Antar Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i>	94
Tabel 4.31 Hasil Perhitungan Nilai <i>Fuzzy Synthetic Extent</i> (Si) Tiap Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i>	95

Tabel 4.32 <i>Local Priority</i> Kriteria <i>Severity</i>	100
Tabel 4.33 <i>Local Priority</i> Kriteria <i>Chance of Failure (Occurrence)</i>	100
Tabel 4.34 <i>Local Priority</i> Kriteria <i>Chance of Non-Detection (Detection)</i>	100
Tabel 4.35 <i>Local Priority</i> Kriteria <i>Expected Cost</i>	100
Tabel 4.36 <i>Total Priority</i> Pada Kriteria <i>Severity</i>	101
Tabel 4.37 <i>Total Priority</i> Pada Kriteria <i>Chance of Failure (Occurrence)</i>	102
Tabel 4.38 <i>Total Priority</i> Pada Kriteria <i>Chance of Non-Detection (Detection)</i> ..	102
Tabel 4.39 <i>Total Priority</i> Pada Kriteria <i>Expected Cost</i>	102
Tabel 4.40 Evaluasi Akhir Penyebab Kegagalan dengan Metode MAFMA ...	103
Tabel 5.1 Urutan Prioritas Kriteria	106
Tabel 5.2 Urutan Prioritas Alternatif Di Kriteria <i>Severity</i>	107
Tabel 5.3 Urutan Prioritas Alternatif Di Kriteria <i>Chance of Failure (Occurrence)</i>	108
Tabel 5.4 Urutan Prioritas Alternatif Di Kriteria <i>Chance of Non-Detection (Detection)</i>	110
Tabel 5.5 Urutan Prioritas Alternatif Di Kriteria <i>Expected Cost</i>	111
Tabel 5.6 Prioritas Penyebab Kegagalan Pada Metode MAFMA dengan Pendekatan <i>Fuzzy AHP</i>	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Pareto	8
Gambar 2.2	Struktur Hierarki AHP	18
Gambar 2.3	Matriks Perbandingan Berpasangan	18
Gambar 2.4	Representasi Linier Naik	24
Gambar 2.5	Representasi Linier Turun	25
Gambar 2.6	Kurva Segitiga	25
Gambar 2.7	Kurva Trapesium	26
Gambar 2.8	Kurva Bentuk Bahu	27
Gambar 2.9	Kurva Perpotongan antara M_1 dan M_2	32
Gambar 2.10	Struktur Hierarki AHP dalam MAFMA	34
Gambar 2.11	Tampilan <i>Worksheet Minitab</i>	36
Gambar 2.12	Langkah Pembuatan Diagram Pareto dengan <i>Minitab</i>	36
Gambar 2.13	Kotak Dialog <i>Pareto Chart</i> Pada <i>Minitab</i>	37
Gambar 2.14	Hasil Pembuatan Diagram Pareto dengan <i>Minitab</i>	37
Gambar 3.1	Kerangka Pemecahan Masalah	47
Gambar 4.1	Lokasi PT BSIN.....	50
Gambar 4.2	Struktur Organisasi PT BSIN	52
Gambar 4.3	Contoh Produk <i>Tire</i>	56
Gambar 4.4	Produk <i>Tube 811X TR-177A</i>	59
Gambar 4.5	Mesin <i>Auto-punching</i>	60
Gambar 4.6	Ilustrasi Proses <i>Auto valve</i>	61
Gambar 4.7	<i>Flow Process Chart</i>	62
Gambar 4.8	<i>Pareto Chart</i> Berdasarkan Jenis Cacat <i>Tube 811X</i>	67
Gambar 4.9	Struktur Hierarki MAFMA.....	79
Gambar 5.1	Usulan Format Lembar Periksa <i>Strainer</i>	116
Gambar 5.2	Grafik Analisis Sensitivitas Kriteria <i>Severity</i>	121

Gambar 5.3	Grafik Analisis Sensitivitas Kriteria <i>Chance of Failure</i> (<i>Occurrence</i>)	121
Gambar 5.4	Grafik Analisis Sensitivitas Kriteria <i>Chance of Non-Detection</i> (<i>Detection</i>)	121
Gambar 5.5	Grafik Analisis Sensitivitas Kriteria <i>Expected Cost</i>	122

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A** : Tabel Data Jumlah Produksi *Tube* Periode April 2014–Maret 2015
- LAMPIRAN B** : Tabel Data Jumlah Produksi dan Jumlah Cacat *Tube* 811X Tiap Proses Periode April 2014–Maret 2015
- LAMPIRAN C** : Tabel Data Jenis dan Jumlah Cacat *Tube* 811X Tiap Proses Periode April 2014–Maret 2015
- LAMPIRAN D** : Perhitungan Persentase dan Kumulatif Persentase Tiap Jenis Cacat *Tube* 811X Dalam Pembuatan Diagram Pareto
- LAMPIRAN E** : Hasil Penggunaan *Five Whys* Untuk Menemukan Akar Penyebab Masalah
- LAMPIRAN F** : Tabel Jumlah *Rework* dan *Scrap Tube* 811X Periode April 2014–Maret 2015
Perhitungan Biaya *Rework* dan *Scrap Tube* 811X Periode April 2014–Maret 2015
- LAMPIRAN G** : Kuesioner Penilaian Perbandingan Berpasangan
- LAMPIRAN H** : I. Hasil Perhitungan Konsistensi Penilaian Antar Kriteria
II. Hasil Perhitungan Konsistensi Penilaian Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost*
- LAMPIRAN I** : I. Perhitungan Penggabungan Dua Bilangan *Fuzzy* Antar Kriteria
II. Perhitungan Jumlah Nilai Baris dan Total Kolom Pada Kriteria
- LAMPIRAN J** : I. Perhitungan Penggabungan Dua Bilangan *Fuzzy* Antar Alternatif
II. Perhitungan Jumlah Nilai Baris dan Total Kolom Pada Alternatif
- LAMPIRAN K** : Perhitungan *Total Priority*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pemenuhan terhadap harapan pelanggan akan produk atau jasa yang berkualitas menjadi kunci bagi perusahaan untuk tetap bisa bersaing dalam dunia industri. Bila hal tersebut tidak dilakukan, maka pelanggan dapat beralih ke produk atau jasa dari kompetitor sejenis. Oleh karena itu, peningkatan kualitas secara berkelanjutan harus dilakukan agar perusahaan selalu menghasilkan produk atau jasa yang sesuai dengan standar dan spesifikasi yang telah ditetapkan.

PT Bridgestone Tire Indonesia (BSIN) adalah perusahaan “*joint venture*” antara perusahaan swasta Indonesia dan Jepang yang didirikan untuk memenuhi kebutuhan produk *tire*, *tube*, dan *flap* yang bermutu tinggi baik untuk pelanggan di Indonesia maupun mancanegara. *Tube* 811X adalah salah satu produk yang rutin diproduksi oleh perusahaan. Berdasarkan data produksi khususnya periode April 2014–Maret 2015, dihasilkan sebanyak 2.058.298 unit *tube* dengan 715.044 unit diantaranya adalah tipe *tube* 811X atau sekitar 35% dari total produksi. *Tube* 811X diproduksi untuk memenuhi permintaan *tube* kendaraan *light truck*. *Tube* (ban dalam) adalah perangkat dalam kendaraan bermotor yang berfungsi untuk menampung dan menahan tekanan udara guna membentuk serta mempertahankan profil *tire* (ban luar) agar tetap sempurna. Pemilihan *tube* yang berkualitas akan berdampak pada kenyamanan dan keselamatan pengemudi selama berkendara.

Seiring perjalanan, perusahaan dihadapkan pada masalah yaitu jumlah cacat *tube* 811X yang sering melewati batas toleransi yang ditetapkan perusahaan, yakni sebesar 1% dari total produksi. Hal ini menjadi masalah bagi perusahaan, karena *tube* yang cacat tersebut harus mengalami pengerjaan ulang (*rework*) untuk mencapai spesifikasi yang telah ditetapkan, dan tidak jarang *tube* berakhir sebagai *scrap* karena cacat yang tidak tertoleransi. Hal tersebut merugikan perusahaan karena timbul biaya *rework* dan kerugian karena produk hanya berakhir sebagai

limbah. Berdasarkan data jumlah cacat *tube* 811X selama periode April 2014–Maret 2015 terdapat sebanyak 17.934 unit cacat dari total produksi sebanyak 715.044 unit atau sekitar 2,51%. Persentase cacat tersebut dihasilkan dari proses *extruding* sebesar 1,05%, proses *splicing* sebesar 1,32%, dan proses *curing* sebesar 0,14%.

Untuk mengatasi permasalahan di atas diperlukan suatu metode yang tepat untuk mengidentifikasi jenis kegagalan potensial serta penyebabnya pada proses produksi *tube* 811X yang mengakibatkan cacat pada produk, sehingga dapat diambil tindakan yang tepat untuk mencegah terulangnya kegagalan di waktu mendatang. Metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA) merupakan metode reliabilitas dan analisis mode kegagalan yang mengintegrasikan aspek konvensional dari FMEA dengan mempertimbangkan aspek ekonomi (Braglia, 2000). Braglia mengaplikasikan metode ini untuk menginvestigasi kegagalan pada proses produksi di perusahaan lemari es di Italia.

Metode MAFMA sebagai teknik pengambilan keputusan multi kriteria mengintegrasikan empat atribut yang berbeda yaitu *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, *severity*, dan *expected cost*. Atribut tersebut dimasukkan sebagai level kriteria dan penyebab-penyebab kegagalan dimasukkan sebagai level alternatif pada struktur hierarki AHP (Hetharia, 2009). Pada MAFMA prioritas penyebab kegagalan potensial ditentukan oleh hasil pembobotan. Pembobotan akan dihitung dengan menggunakan pendekatan *Fuzzy* AHP. Hasil penilaian perbandingan berpasangan yang telah diperoleh dalam skala AHP akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy* dengan menggunakan skala *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dan diolah dengan metode *extent analysis*. Dengan penerapan metode ini diharapkan perusahaan dapat melakukan langkah pengendalian kualitas yang efektif dengan memfokuskan perbaikan pada penyebab kegagalan kritis dari jenis kegagalan potensial yang telah teridentifikasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil identifikasi terhadap permasalahan yang terdapat di perusahaan, maka ditetapkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja jenis kegagalan potensial serta penyebabnya yang sering terjadi pada proses produksi *tube* 811X?
2. Bagaimana urutan prioritas penyebab kegagalan potensial pada proses produksi *tube* 811X berdasarkan metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy* AHP?
3. Usulan perbaikan apa yang dapat dilakukan untuk mengatasi penyebab kegagalan potensial yang paling prioritas pada proses produksi *tube* 811X?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan permasalahan tersebut, maka ditetapkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis kegagalan potensial serta penyebabnya yang sering terjadi pada proses produksi *tube* 811X dengan menggunakan metode FMEA.
2. Mengetahui urutan prioritas penyebab kegagalan potensial pada proses produksi *tube* 811X berdasarkan hasil pembobotan menggunakan metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy* AHP.
3. Menghasilkan usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengatasi penyebab kegagalan potensial yang paling prioritas pada proses produksi *tube* 811X.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah dan lingkup permasalahan lebih jelas, maka dalam penelitian ini dilakukan pembatasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada seksi *Quality Assurance* (QA) PT BSIN selama bulan Maret 2015.
2. Penelitian difokuskan pada proses produksi *tube*.
3. Produk yang diamati adalah *tube* 811X.

4. Identifikasi kegagalan potensial, efek potensial, penyebab potensial, dan deteksinya dilakukan dengan menggunakan metode FMEA.
5. Metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy* AHP digunakan untuk menentukan prioritas penyebab kegagalan potensial.
6. Pemecahan masalah hanya sampai pada pemberian usulan yang dapat diimplementasikan oleh perusahaan untuk mengatasi prioritas penyebab kegagalan tanpa meninjau kembali hasil setelah implementasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan diperoleh dari hasil penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. **Bagi Perusahaan**

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan dalam mengevaluasi sistem pengendalian kualitas pada proses produksi *tube* 811X serta memperoleh usulan perbaikan yang dapat diimplementasikan.

2. **Bagi Peneliti**

Hasil penelitian ini dapat menambah pengetahuan peneliti tentang aplikasi ilmu yang diperoleh selama kuliah khususnya dalam hal pengendalian kualitas dan penerapannya di perusahaan.

3. **Bagi Pihak Lain**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi untuk melakukan penelitian selanjutnya ke arah yang lebih baik dan lebih mendalam, khususnya mengenai pengendalian kualitas dengan metode MAFMA.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab dengan perincian sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan penjelasan tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas, antara lain teori tentang kualitas, Diagram Pareto, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Five Whys*, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Fuzzy*, *Fuzzy AHP*, dan *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA).

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan langkah-langkah sistematis yang ditempuh untuk memecahkan permasalahan yang diteliti agar penelitian yang dilakukan lebih terarah.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan hasil pengumpulan data yang meliputi data umum perusahaan, data jumlah produksi *tube* 811X, data jumlah cacat *tube* 811X, data jenis cacat *tube* 811X, serta data hasil wawancara dan kuesioner untuk digunakan pada pengolahan data sesuai dengan metode yang telah dipilih guna mencapai tujuan penelitian.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan analisis dan pembahasan terhadap hasil pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

BAB IV : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan pengolahan dan analisis masalah. Serta memberikan saran-saran yang membangun sebagai perbaikan bagi perusahaan di masa yang akan datang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Kualitas

Kualitas memiliki cakupan yang luas dan makna yang berbeda bagi setiap orang. Definisi konvensional dari kualitas biasanya menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk seperti performansi (*performance*), keandalan (*reliability*), mudah dalam penggunaan (*easy of use*), estetika (*aesthetics*), dan sebagainya (Gaspersz, 2002).

Dalam ISO 8402 (*Quality Vocabulary*), kualitas didefinisikan sebagai totalitas dari karakteristik suatu produk yang menunjang kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dispesifikasikan atau ditetapkan (Gaspersz, 2002). Sementara, Juran (1995) mendefinisikan kualitas sebagai kecocokan untuk digunakan (*fitness for use*).

Di samping pengertian seperti yang disebutkan di atas, kualitas juga dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang menentukan kepuasan pelanggan dan upaya perubahan ke arah perbaikan terus-menerus hingga dikenal istilah Q-MATCH (*Quality = Meets Agreed Terms and Changes*) (Gaspersz, 2009).

2.2 Dimensi Kualitas Produk

Dimensi kualitas digunakan untuk mengukur kualitas suatu produk berdasarkan karakteristik tertentu yang dimiliki suatu produk. Garvin (1987) dalam Gaspersz (2002) mendefinisikan delapan dimensi yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik kualitas produk, sebagai berikut:

1. Performansi (*performance*), berkaitan dengan aspek fungsional dari produk tersebut dan merupakan karakteristik utama yang dipertimbangkan pelanggan ketika ingin membeli suatu produk.
2. Ciri (*features*), merupakan aspek kedua dari performansi yang menambah fungsi dasar, berkaitan dengan pilihan-pilihan dan pengembangannya.

Misalnya ciri dari produk mobil adalah atapnya yang dapat dibuka, dan lain-lain.

3. Keandalan (*reliability*), berkaitan dengan probabilitas atau kemungkinan suatu produk melaksanakan fungsinya secara berhasil dalam periode waktu tertentu di bawah kondisi tertentu. Dengan demikian keandalan merupakan karakteristik yang merefleksikan kemungkinan tingkat keberhasilan dalam penggunaan produk tersebut.
4. Konformansi (*conformance*), berkaitan dengan tingkat kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan keinginan pelanggan. Konformansi merefleksikan derajat di mana karakteristik desain produk dan karakteristik operasi memenuhi standar yang telah ditetapkan, serta sering didefinisikan sebagai konformansi terhadap kebutuhan (*conformance to requirements*).
5. Ketahanan (*durability*), merupakan ukuran masa pakai suatu produk. Karakteristik ini berkaitan dengan daya tahan dari produk tersebut.
6. Kemampuan pelayanan (*serviceability*), merupakan karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, keramahan/kesopanan, kompetensi, kemudahan, serta akurasi dalam perbaikan.
7. Estetika (*aesthetics*), merupakan karakteristik yang bersifat subyektif sehingga berkaitan dengan pertimbangan pribadi dan refleksi dari preferensi atau pilihan individual.
8. Kualitas yang dirasakan (*perceived quality*), bersifat subyektif berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk tersebut seperti: meningkatkan harga diri, dan lain-lain. Karakteristik yang berkaitan dengan reputasi (*brand name, image*).

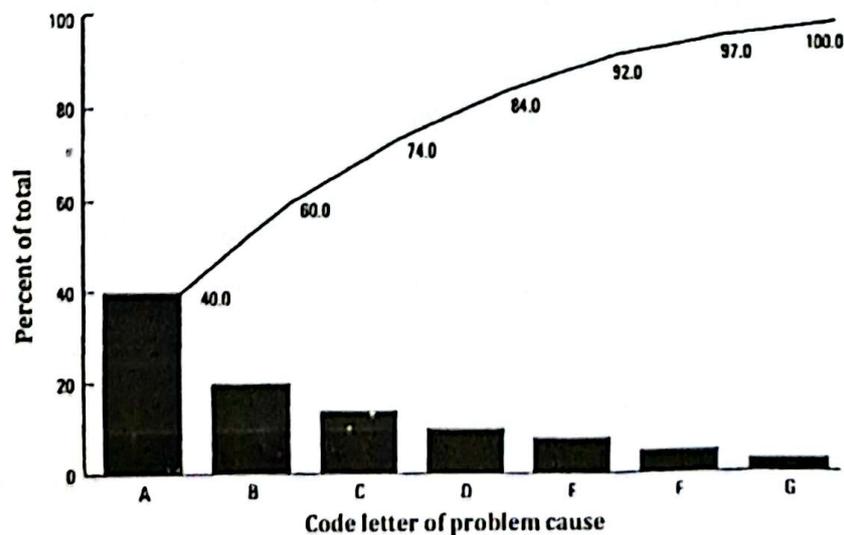
2.3 Diagram Pareto

Diagram pareto dikenalkan pertama kali oleh seorang ekonom Italia bernama Vilfredo Pareto pada abad ke-19. Diagram pareto membantu mengidentifikasi masalah yang paling penting yang mempengaruhi usaha

perbaikan kualitas dan memberikan petunjuk dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah (Mitra, 1993). Prinsip pareto dikenal sebagai aturan 80/20, yang menyatakan 80% masalah (*nonconformities* atau *defects*) disebabkan oleh 20% penyebab. Kategori masalah diidentifikasi sebagai *vital few* dan *trivial many* (Mitra, 1993). Langkah-langkah membuat diagram pareto adalah sebagai berikut (Mitra, 1993):

1. Menentukan cara pengklasifikasian data, berdasarkan penyebab masalah, jenis ketidaksesuaian, dan sebagainya.
2. Menentukan kepentingan relatif yang dinilai, misalnya berdasarkan nilai mata uang atau frekuensi kejadian.
3. Menyusun kategori dari yang paling penting sampai paling tidak penting.
4. Menghitung frekuensi kumulatif kategori data yang digunakan.
5. Plot grafik batang yang menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing masalah secara berurutan (*descending*). Mengidentifikasi beberapa hal penting untuk segera mendapat perhatian.

Contoh diagram pareto dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Pareto
(Sumber: Mitra, 1993)

2.4 Sejarah Singkat *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Aplikasi resmi pertama dari disiplin FMEA adalah inovasi pada industri kedirgantaraan di pertengahan tahun 1960-an (Chrysler, 1995). FMEA mulai digunakan oleh Ford pada tahun 1980-an. *Automotive Industry Action Group* (AIAG) dan *America Society for Quality Control* (ASQC) menentukannya sebagai standar pada tahun 1993. Saat ini FMEA merupakan salah satu *core tools* dalam ISO/TS 16949:2002 (McDermott, 2009 dalam Rusmiati, 2012).

2.4.1 Pengertian FMEA

FMEA adalah suatu metodologi khusus untuk mengevaluasi sistem, desain, proses, atau jasa dari kemungkinan kegagalan (masalah, kesalahan, risiko) dapat terjadi. Untuk setiap kegagalan yang teridentifikasi (apakah diketahui atau potensial), sebuah estimasi dibuat terhadap tingkat kejadian, keparahan, dan deteksinya. Pada poin tersebut, sebuah evaluasi dibuat terhadap tindakan yang perlu diambil, direncanakan, atau diabaikan. Penekanannya adalah untuk meminimalisir kemungkinan kegagalan atau untuk meminimalisir efek dari kegagalan (Stamatis, 2003). Pada dasarnya FMEA adalah kelompok aktivitas yang dapat dilakukan dengan cara (Chrysler, 1995):

1. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensial dari suatu produk, jasa, atau proses dan efeknya.
2. Mengidentifikasi tindakan yang dapat menghilangkan atau mengurangi kesempatan dari kegagalan potensial yang terjadi.
3. Pencacatan proses (*document process*).

2.4.2 Tujuan FMEA

Berikut adalah beberapa tujuan dari penerapan FMEA (Chrysler, 2008 dalam Rusmiati, 2012):

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.

2.4.3 Jenis-Jenis FMEA

Dalam industri manufaktur, kebanyakan perusahaan membagi FMEA ke dalam dua jenis yaitu sebagai berikut (McDermott, 2009 dalam Rusmiati, 2012):

1. *Design FMEA*

Berfokus pada pemeriksaan fungsi subsistem, komponen atau sistem utama. Fokus dari *design FMEA* adalah pada desain produk yang akan dikirimkan ke konsumen akhir. *Design FMEA* membantu di dalam desain proses dengan mengidentifikasi tipe-tipe kegagalan yang diketahui dan dapat diduga. Kemudian mengurutkan kegagalan tersebut berdasarkan dampak yang diakibatkan produk.

2. *Process FMEA*

Berfokus pada penelitian proses yang digunakan untuk membuat komponen, subsistem, atau sistem utama. *Process FMEA* mengungkap masalah yang berkaitan dengan proses pembuatan produk. *Process FMEA* digunakan untuk mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan proses dengan pengurutan tingkat kegagalan dan membantu untuk menetapkan prioritas berdasarkan dampak yang diakibatkan baik pada pelanggan eksternal maupun internal. Penerapan *Process FMEA* membantu untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab potensial pada proses manufaktur maupun perakitan dalam rangka menetapkan kendali untuk mengurangi dan mendeteksi kejadian.

2.4.4 Tahapan Pembuatan FMEA

Prosedur dalam pembuatan FMEA mengikuti sepuluh tahapan berikut ini (McDermott, 2009 dalam Rusmiati, 2012):

1. Melakukan peninjauan terhadap proses.
2. Mengidentifikasi *potential failure mode* (mode kegagalan potensial) pada proses.
3. Mendaftarkan *potential effect* (efek potensial) dari masing-masing mode kegagalan.
4. Menentukan peringkat *severity* untuk masing-masing cacat yang terjadi.
5. Menentukan peringkat *occurrence* untuk masing-masing mode kegagalan.
6. Menentukan peringkat *detection* untuk masing-masing mode kegagalan dan/atau akibat yang terjadi.
7. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing cacat.
8. Membuat prioritas dari mode kegagalan berdasarkan nilai RPN untuk dilakukan tindakan perbaikan.
9. Melakukan tindakan untuk mengeliminasi atau mengurangi kegagalan yang paling banyak terjadi.
10. Mengkalkulasi hasil RPN setelah mode kegagalan dikurangi atau dieliminasi.

2.4.5 Menentukan *Severity*, *Occurrence*, *Detection*, dan *Risk Priority Number*

Untuk menentukan prioritas dari suatu mode kegagalan maka harus didefinisikan terlebih dahulu tentang *Severity*, *Occurrence*, *Detection*, serta hasil akhirnya yang berupa *Risk Priority Number* (RPN).

1. *Severity*

Severity adalah penilaian keseriusan efek dari mode kegagalan potensial terhadap konsumen (Chrysler, 1995). Nilai *severity* dimulai dari skala 1 sampai 10. Kriteria evaluasi *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteria *Severity*

Efek	Kriteria Keseriusan Efek	Ranking
Berbahaya tanpa ada peringatan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat membahayakan mesin atau operator. • Kegagalan dapat mempengaruhi keselamatan pengoperasian produk dan/atau tidak sesuai peraturan pemerintah. • Kegagalan akan terjadi tanpa peringatan. 	10

Tabel 2.1 Kriteria *Severity* (lanjutan...)

Efek	Kriteria Keseriusan Efek	Ranking
Berbahaya dengan ada peringatan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat membahayakan mesin atau operator. • Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan pengoperasian produk dan/atau tidak sesuai peraturan pemerintah. • Kegagalan akan terjadi dengan peringatan. 	9
Sangat tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan mayor pada lini produksi. • 100% produk harus dibuang. • Produk kehilangan fungsi utamanya. • Pelanggan sangat tidak puas. 	8
Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi. • Produk harus disortir dan sebagian harus dibuang (kurang dari 100%). • Produk beroperasi, tetapi performansi berkurang. • Pelanggan tidak puas. 	7
Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi. • Sebagian produk (kurang dari 100%) harus dibuang, sisanya tidak perlu disortir. • Produk beroperasi, tetapi item kenyamanan tidak beroperasi. • Pelanggan mengalami ketidaknyamanan. 	6
Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi. • 100% produk harus dikerjakan ulang. • Produk beroperasi, tetapi performansi item kenyamanan berkurang. • Pelanggan mengalami sejumlah ketidakpuasan. 	5
Sangat rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi. • Produk disortir dan sebagian (kurang dari 100%) harus dikerjakan ulang. • <i>Fit & finish squeak & rattle</i> tidak nyaman. • Ketidakesesuaian diperhatikan banyak pelanggan. 	4
Minor	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi. • Sebagian produk (kurang dari 100%) harus dikerjakan ulang pada lini di luar stasiun. • <i>Fit & finish squeak & rattle</i> tidak nyaman. • Ketidakesesuaian diperhatikan sebagian pelanggan. 	3

Tabel 2.1 Kriteria *Severity* (lanjutan...)

Efek	Kriteria Keseriusan Efek	Ranking
Sangat minor	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi. • Sebagian produk (kurang dari 100%) harus dikerjakan ulang pada lini dalam stasiun. • <i>Fit & finish/squeak & rattle</i> tidak nyaman. • Ketidaksesuaian diperhatikan sedikit pelanggan. 	2
Tidak ada	Tidak ada efek.	1

(Sumber: Chrysler, 1995)

2. Occurrence

Occurrence adalah seberapa sering penyebab kegagalan/mekanisme spesifik diproyeksikan terjadi (Chrysler, 1995). Perkiraan kemungkinan kejadian dimulai dari skala 1 sampai 10. Kriteria evaluasi *occurrence* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria *Occurrence*

Kemungkinan Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Cpk	Ranking
Sangat Tinggi: Kegagalan hampir tak terhindari	≥ 1 dalam 2	$< 0,33$	10
	1 dalam 3	$\geq 0,33$	9
Tinggi: Umumnya berkaitan dengan proses terdahulu yang sudah sering gagal	1 dalam 8	$\geq 0,51$	8
	1 dalam 20	$\geq 0,67$	7
Sedang: Umumnya berkaitan dengan proses terdahulu yang kadang mengalami kegagalan tetapi tidak dalam jumlah besar	1 dalam 80	$\geq 0,83$	6
	1 dalam 400	$\geq 1,00$	5
	1 dalam 2.000	$\geq 1,17$	4
Rendah: Kegagalan yang terisolasi terkait proses serupa	1 dalam 15.000	$\geq 1,33$	3
Sangat Rendah: Hanya kegagalan yang terisolasi yang berkaitan dengan proses yang hampir sama	1 dalam 150.000	$\geq 1,50$	2
Sangat Kecil: Kegagalan tidak mungkin. Tidak pernah ada kegagalan yang berkaitan dengan proses yang hampir sama	≤ 1 dalam 1.500.000	$\geq 1,67$	1

(Sumber: Chrysler, 1995)

3. *Detection*

Detection adalah penilaian kemungkinan bahwa kontrol saat ini dapat mendeteksi potensi penyebab (kelemahan proses) atau kemungkinan bahwa kontrol proses yang ada akan mendeteksi mode kegagalan berikutnya, sebelum komponen meninggalkan lokasi operasi atau perakitan (Chrysler, 1995). Gunakan skala 1 sampai 10. Kriteria evaluasi *detection* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria *Detection*

Deteksi	Kriteria Kemungkinan Deteksi	Ranking
Hampir Tidak Mungkin	Tidak diketahui kontrol yang tersedia untuk mendeteksi kegagalan	10
Sangat Kecil	Sangat sedikit kemungkinan kontrol saat ini akan mendeteksi kegagalan	9
Kecil	Sedikit kemungkinan kontrol saat ini akan mendeteksi kegagalan	8
Sangat Rendah	Sangat rendah kemungkinan kontrol saat ini akan mendeteksi kegagalan	7
Rendah	Rendah kemungkinan kontrol saat ini akan mendeteksi kegagalan	6
Sedang	Sedang kemungkinan kontrol saat ini ada untuk mendeteksi kegagalan sedang	5
Cukup Tinggi	Kemungkinan kendali yang ada untuk mendeteksi kegagalan sedang sampai tinggi	4
Tinggi	Kemungkinan kendali yang ada untuk mendeteksi kegagalan tinggi	3
Sangat Tinggi	Kemungkinan kendali yang ada untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi	2
Hampir Pasti	Kendali hampir pasti dapat mendeteksi kegagalan	1

(Sumber: Chrysler, 1995)

4. *Risk Priority Number (RPN)*

RPN merupakan produk dari peringkat *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*. Untuk menghitung RPN digunakan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = (S) \times (O) \times (D) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Angka ini digunakan untuk menentukan urutan peringkat perhatian pada proses sebagai petunjuk ke arah tindakan perbaikan.

2.5 Five Whys

Kunci perbaikan proses pertama kali adalah mengidentifikasi area utama (masalah utama) dan memfokuskan perhatian pada masalah utama itu (Gaspersz, 2002). Kaoru Ishikawa, seorang pakar kualitas berkebangsaan Jepang menyatakan bahwa tanda pertama dari masalah adalah gejala (*symptoms*) bukan penyebab (*causes*). Bertanya mengapa lima kali (atau lebih) akan mengarahkan kita untuk sampai pada akar penyebab masalah, sehingga tindakan yang sesuai pada akar penyebab masalah yang ditemukan itu akan menghilangkan masalah (Gaspersz, 2002). Contoh penggunaan alat bertanya mengapa lima kali (*Five Whys*) ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca, Ibadah, Mengamalkan, Berprestasi

Tabel 2.4 Penggunaan *Five Whys* untuk Menemukan Akar Penyebab Masalah (Observasi Mesin sering Macet)

No.	Bertanya Mengapa	Jawaban
1.	Mengapa mesin sering macet?	Sebab sekring sering putus karena beban terlalu besar
2.	Mengapa beban terlalu besar?	Sebab pemberian minyak pelumas tidak cukup
3.	Mengapa pemberian minyak pelumas tidak cukup?	Sebab pompa penyalur minyak pelumas tidak bekerja dengan baik
4.	Mengapa pompa penyalur minyak pelumas tidak bekerja dengan baik?	Sebab sumbu pompa tidak berfungsi
5.	Mengapa sumbu pompa tidak berfungsi?	Sebab minyak pelumas kotor masuk ke dalamnya

(Sumber: Gaspersz, 2002)

Dari Tabel 2.4 di atas diketahui bahwa akar penyebab masalah kemacetan mesin adalah masuknya minyak pelumas kotor ke dalam pompa, sehingga tindakan yang efektif adalah memasang saringan (*filter*) pada pompa pemberi pelumas.

2.6 *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

Analytic Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Dr. Thomas L. Saaty dari Wharton School of Business pada tahun 1970-an untuk mengorganisasikan informasi dan *judgment* dalam memilih alternatif yang paling disukai (Saaty, 1983 dalam Marimin, 2004). Metode AHP memproses masalah multi kriteria yang kompleks menjadi suatu model hierarki. Saaty mendefinisikan hierarki sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dengan level pertama adalah tujuan, diikuti level kriteria, subkriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir yaitu level alternatif (Anshori, 2012). Adanya kompleksitas disebabkan oleh struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian persepsi pengambil keputusan serta ketidakpastian tersedianya data statistik yang akurat atau bahkan tidak ada sama sekali (Suryadi dan Ramdhani, 2000).

Dengan menggunakan AHP suatu persoalan akan dipecahkan dalam suatu kerangka berpikir yang terorganisir, sehingga memungkinkan dapat diekspresikan untuk mengambil keputusan yang efektif atas persoalan tersebut (Marimin, 2004).

2.6.1 Langkah-Langkah AHP

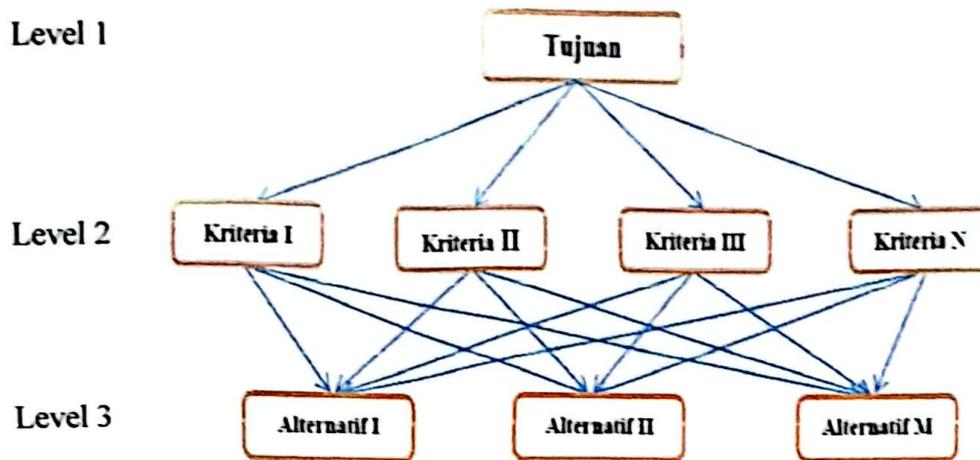
Saaty (1991) mengemukakan langkah-langkah penyelesaian AHP secara detail sebagai berikut:

1. Definisikan persoalan dan rinci pemecahan yang diinginkan.
2. Membuat struktur hierarki dari sudut pandang manajerial secara keseluruhan.
3. Membuat matriks perbandingan berpasangan untuk kontribusi atau pengaruh setiap elemen yang relevan atas setiap kriteria yang berpengaruh yang berada setingkat di atasnya.
4. Dapatkan semua pertimbangan yang diperlukan untuk mengembangkan matriks di langkah 3. Pertimbangan ganda dapat disintesis dengan memakai rumus rata-rata geometrik.

5. Setelah mengumpulkan semua data perbandingan berpasangan dan memasukkan nilai-nilai kebalikannya beserta nilai bilangan 1 sepanjang diagonal utama, prioritas dicari dan konsistensi diuji.
6. Lakukan langkah 3, 4, dan 5 untuk semua level dan kelompok dalam hierarki.
7. Menggunakan komposisi secara hierarki untuk membobotkan vektor-vektor prioritas itu dengan bobot kriteria-kriteria dan menjumlahkan semua nilai prioritas tersebut dengan nilai prioritas dari tingkat bawah berikutnya, dan seterusnya. Hasilnya adalah vektor prioritas menyeluruh untuk tingkat hierarki paling bawah.
8. Mengevaluasi konsistensi untuk seluruh hierarki dengan mengalikan setiap indeks konsistensi dengan prioritas kriteria bersangkutan dan menjumlahkan hasil kalinya. Hasil ini kemudian dibagi dalam pernyataan sejenis yang menggunakan indeks konsistensi acak yang sesuai dengan diameter tiap matriks. Rasio inkonsistensi hierarki itu harus 10% atau kurang. Jika tidak, prosesnya harus diperbaiki atau diulang.

2.6.2 Penyusunan Hierarki

Sistem yang kompleks dapat dengan mudah dipahami jika dipecahkan menjadi berbagai elemen-elemen pokoknya, menyusun elemen-elemen tersebut secara hierarki. Menggambarkan dan menguraikan masalah secara hierarki disebut dengan strukturisasi hierarki, yaitu memecah-mecah persoalan menjadi unsur yang terpisah-pisah (Saaty, 1991). Contoh struktur hierarki AHP dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Hierarki AHP

(Sumber: Anshori, 2012)

2.6.3 Penentuan Prioritas dan Sintesis

Setiap elemen yang terdapat pada hierarki harus diketahui bobot relatifnya satu sama lain sebelum menentukan prioritasnya. Langkah pertama dalam menentukan prioritas elemen-elemen dalam suatu persoalan keputusan adalah dengan membuat perbandingan berpasangan, yaitu elemen-elemen dibandingkan berpasangan terhadap suatu kriteria yang ditentukan (Saaty, 1991). Perbandingan tersebut ditransformasikan ke dalam matriks perbandingan berpasangan. Contoh matriks perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Gambar 2.3.

C	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

Gambar 2.3 Matriks Perbandingan Berpasangan

(Sumber: Suryadi dan Ramdhani, 2000)

Unsur a_{11} adalah perbandingan kepentingan elemen A_1 dengan elemen A_1 sendiri, sehingga dengan sendirinya nilai unsur a_{11} adalah sama dengan 1. Dengan cara yang sama maka diperoleh semua unsur diagonal matriks perbandingan sama dengan 1. Nilai unsur a_{12} adalah perbandingan kepentingan elemen A_1 terhadap elemen A_2 , dan seterusnya. Sebagai matriks resiprokal (berkebalikan), maka besarnya nilai a_{21} adalah $1/a_{12}$ (Suryadi dan Ramdhani, 2000). Untuk mengisi matriks perbandingan berpasangan digunakan bilangan yang menggambarkan kepentingan suatu elemen atas elemen lainnya. Nilai tersebut termuat dalam skala perbandingan berpasangan yang ditunjukkan oleh Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Intensitas Pentingnya	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen menyumbang sama besar pada sifat itu
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting ketimbang yang lainnya	Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong satu elemen atas yang lainnya
5	Elemen yang satu esensial atau sangat penting ketimbang elemen yang lainnya	Pengalaman dan pertimbangan dengan kuat menyokong satu elemen atas elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya	Satu elemen dengan kuat disokong, dan dominannya telah terlihat dalam praktik
9	Satu elemen mutlak lebih penting ketimbang elemen yang lainnya	Bukti yang menyokong elemen yang satu atas yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai antara di antara dua pertimbangan yang berdekatan	Kompromi diperlukan antara dua pertimbangan
Kebalikan	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka bila dibandingkan dengan aktivitas j , maka j mempunyai nilai kebalikannya bila dibandingkan dengan i	

(Sumber: Saaty, 1991)

Untuk memperoleh perangkat prioritas menyeluruh bagi suatu persoalan keputusan, maka pertimbangan harus disintesis dengan melakukan pembobotan

dan penjumlahan untuk menghasilkan suatu bilangan tunggal yang menunjukkan prioritas setiap elemen (Saaty, 1991). Langkah awal adalah menjumlahkan nilai-nilai dalam setiap kolom dari matriks perbandingan berpasangan yang telah diperoleh. Bagi nilai setiap kolom dengan jumlah pada kolom tersebut untuk memperoleh matriks yang dinormalisasi. Selanjutnya, rata-ratakan elemen di setiap baris dengan menjumlahkan semua nilai dalam setiap baris dan membaginya dengan banyaknya entri dari setiap baris. Sintesis ini akan menghasilkan bobot relatif masing-masing elemen, yang kemudian digunakan untuk menentukan prioritasnya (Saaty, 1991).

2.6.4 Uji Konsistensi

Dengan metode AHP yang memakai persepsi pembuat keputusan sebagai inputnya maka ketidakkonsistenan mungkin terjadi karena manusia memiliki keterbatasan dalam menyatakan persepsinya secara konsisten terutama kalau harus membandingkan banyak kriteria. Berdasarkan kondisi ini maka pembuat keputusan dapat menyatakan persepsinya tersebut akan konsisten atau tidak (Anshori, 2012). Penyimpangan dari konsistensi dinyatakan melalui Indeks Konsistensi (*Consistency Index/CI*) dengan persamaan sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan: CI = *Consistency Index*

λ_{maks} = nilai *eigen* maksimum dari matriks berukuran n

n = ukuran matriks

Untuk memperoleh nilai *eigen* maksimum, kalikan matriks awal dengan vektor prioritas yang telah diperoleh, kemudian bagi hasil perkalian tersebut dengan vektor prioritas, lalu rata-ratakan nilai tersebut maka nilai *eigen* maksimum akan diperoleh. Batas ketidakkonsistenan yang ditetapkan oleh Saaty ditentukan dengan menggunakan persamaan Rasio Konsistensi (*Consistency Ratio/CR*) dengan rumus sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan: CR = *Consistency Ratio*

RI = *Random Index*

Nilai RI bergantung pada ukuran matriks (n). Untuk menentukan nilai RI dapat melihat Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai *Random Index* (RI)

Ukuran Matriks	<i>Random Index</i>
1, 2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

(Sumber: Saaty, 1980 dalam Suryadi dan Ramdhani, 2000)

Jika nilai $CR \leq 0,1$, maka ketidakkonsistenan pendapat dari pengambil keputusan masih dapat diterima, jika tidak maka penilaian perlu diulang.

2.7 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Suatu teori yang dapat digunakan untuk merepresentasikan masalah ketidakpastian di samping keberadaan teori probabilitas. Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merepresentasikan derajat kedekatan suatu obyek terhadap atribut tertentu,

sedangkan pada teori probabilitas lebih pada penggunaan frekuensi relatif (Ross, 2005 dalam Kusumadewi dkk, 2006).

Teori himpunan *fuzzy* merupakan kerangka matematis yang digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi, dan kebenaran parsial (Tettamanzi, 2001 dalam Kusumadewi dkk, 2006). Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy* (Cox, 1994 dalam Kusumadewi dkk, 2006), 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 yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

2.7.1 Himpunan *Fuzzy*

Pada dasarnya, teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik. Pada teori himpunan klasik (*crisp*) keberadaan suatu elemen pada suatu himpunan A, hanya akan memiliki dua kemungkinan keanggotaan, yaitu menjadi anggota A atau tidak menjadi anggota A (Chak, 1998 dalam Kusumadewi dkk, 2006). Pada himpunan klasik hanya ada dua nilai keanggotaan yaitu $\mu_A(x) = 1$ untuk x menjadi anggota A, dan $\mu_A(x) = 0$ untuk x bukan anggota A. Sedangkan dalam himpunan *fuzzy* setiap anggota mempunyai nilai derajat keanggotaan yang berkisar antara 0 dan 1, di mana suatu fungsi akan mencakup bilangan riil pada interval $[0,1]$ sehingga nilai keanggotaannya tidak hanya berada pada 0 atau 1, tetapi juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain, nilai

kebenaran suatu item tidak hanya benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, tetapi masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu (Kusumadewi dan Guswaludin, 2005):

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

a. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel.

c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

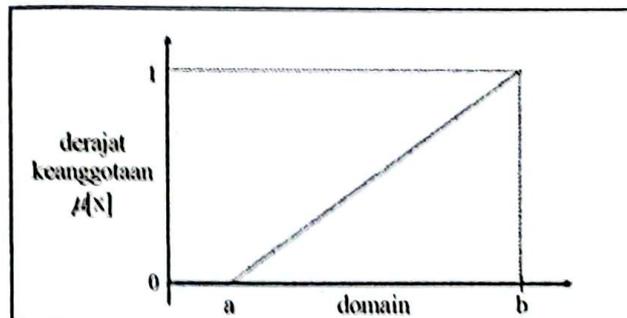
2.7.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan antara lain (Kusumadewi dan Guswaludin, 2005):

a. Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linier:

1. Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



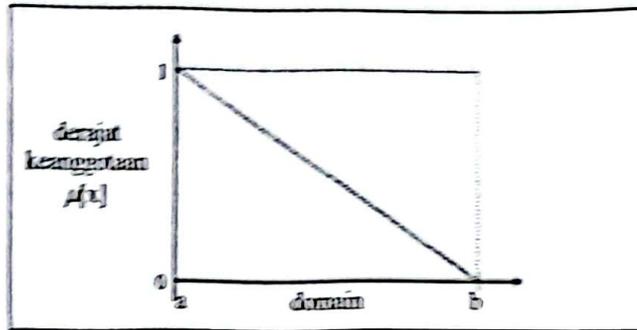
Gambar 2.4 Representasi Linier Naik

(Sumber: Kusumadewi dan Guswaludin, 2005)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



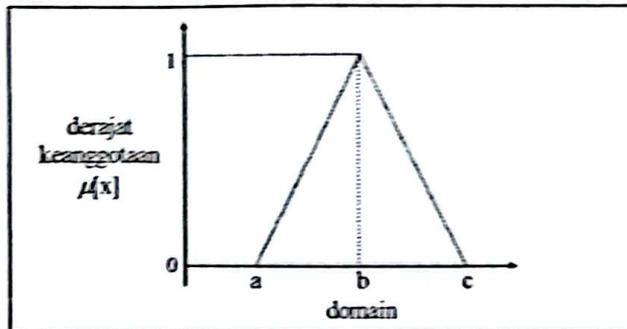
Gambar 2.5 Representasi Linier Turun
(Sumber: Kusumadewi dan Guswaludin, 2005)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad \text{----- (2.5)}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier).



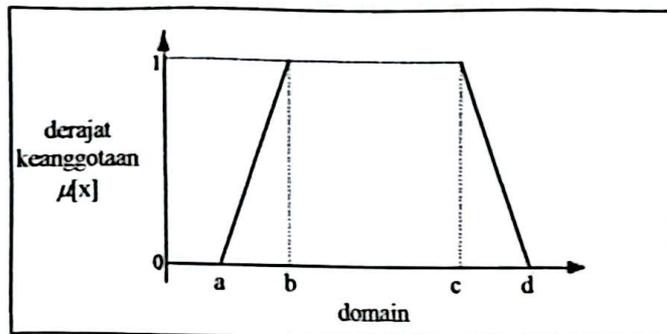
Gambar 2.6 Kurva Segitiga
(Sumber: Kusumadewi dan Guswaludin, 2005)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (b-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad \text{..... (2.6)}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

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



Gambar 2.7 Kurva Trapesium

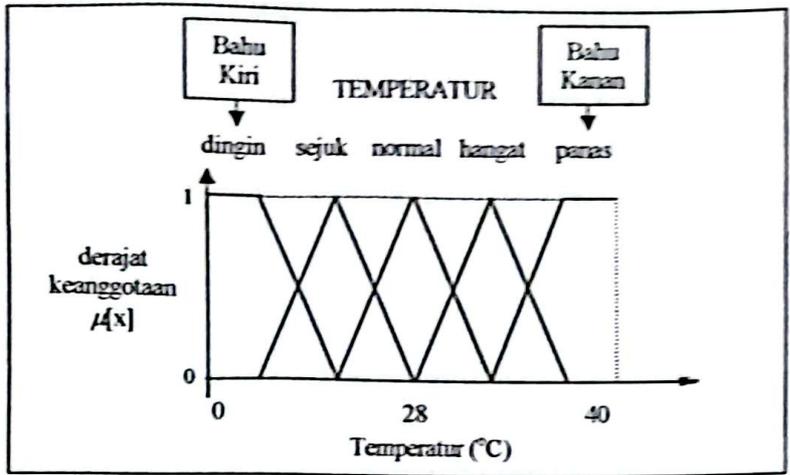
(Sumber: Kusumadewi dan Guswaludin, 2005)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & x \geq d \end{cases} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan *fuzzy* 'bahu', bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Sebagai contoh, himpunan *fuzzy* pada variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.



Gambar 2.8 Kurva Bentuk Bahu
(Sumber: Kusumadewi dan Guswaludin, 2005)

2.7.3 Operator Dasar Zadeh

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau a-predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu (Kusumadewi dan Guswaludin, 2005):

a. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. a-predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \dots\dots\dots (2.8)$$

b. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. a-predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \dots\dots\dots (2.9)$$

c. Operator *NOT*

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. a-predikat sebagai hasil operasi dengan operator *NOT* diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A^c} = 1 - \mu_A[x] \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

2.8 *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP)*

Fuzzy AHP merupakan gabungan metode AHP dengan pendekatan konsep *fuzzy* (Raharjo dkk, 2002 dalam Jasril dkk, 2011). Metode *Fuzzy AHP* merupakan pendekatan sistematis dalam pemilihan alternatif dan penilaian masalah dengan menggunakan konsep teori himpunan *fuzzy* dan analisis struktur hierarki. *Fuzzy AHP* menutupi kelemahan yang terdapat pada AHP, yaitu permasalahan terhadap kriteria yang memiliki sifat subyektif lebih banyak serta ketidakpastian bilangan yang direpresentasikan dengan urutan skala (Jasril dkk, 2011). Dalam AHP *judgment* yang dilakukan oleh pengambil keputusan tidak bersifat deterministik, tetapi lebih merupakan persepsi yang linguistik. Pada *Fuzzy AHP* penilaian (preferensi) pengambil keputusan yang mengandung sifat *uncertainty* ini dimodelkan dengan menggunakan logika *fuzzy* (Hetharia, 2009).

Pendekatan *Triangular Fuzzy Number (TFN)* dalam metode AHP adalah pendekatan yang digunakan untuk meminimalisasi ketidakpastian dalam skala AHP yang berbentuk nilai '*crisp*' (Deng, 1999 dalam Anshori, 2012). Cara pendekatan yang dilakukan adalah dengan melakukan fuzzifikasi pada skala AHP sehingga diperoleh skala baru yang disebut skala *Fuzzy AHP*. Chang (1996) memperkenalkan pendekatan baru dengan menggunakan TFN untuk skala perbandingan berpasangan dan metode *extent analysis* untuk nilai *synthetic extent* dari perbandingan berpasangan. Penjelasan tentang konsep dasar dari *Fuzzy AHP* dijelaskan pada paragraf selanjutnya.

2.8.1 Triangular Fuzzy Number (TFN)

TFN adalah salah satu bentuk bilangan *fuzzy* yang disimbolkan dengan \tilde{M} untuk mewakili tiga bilangan riil (l, m, u) , di mana $l \leq m \leq u$, dengan l mewakili nilai terendah, u mewakili nilai tertinggi, dan m adalah nilai tengah. Bilangan *fuzzy* mudah digunakan untuk mengekspresikan penilaian kualitatif pengambil keputusan. Untuk memfasilitasi penilaian perbandingan berpasangan dapat digunakan TFN yang didefinisikan dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Skala Nilai *Fuzzy* Segitiga

Intensitas Kepentingan AHP	Himpunan Lingustik	<i>Triangular Fuzzy Number</i> (TFN)	<i>Reciprocal</i> (Kebalikan)
1	Perbandingan elemen yang sama (<i>just equal</i>)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
2	Pertengahan (<i>intermediate</i>)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
3	Elemen satu cukup penting dari yang lainnya (<i>moderately important</i>)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
4	Pertengahan (<i>intermediate</i>)	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
5	Elemen satu kuat pentingnya dari yang lain (<i>strongly important</i>)	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
6	Pertengahan (<i>intermediate</i>)	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
7	Elemen satu lebih kuat pentingnya dari yang lain (<i>very strong</i>)	(3, 7/2, 4)	(1/4, 2/7, 1/3)
8	Pertengahan (<i>intermediate</i>)	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)
9	Elemen satu mutlak lebih penting dari yang lainnya (<i>extremely strong</i>)	(4, 9/2, 9/2)	(2/9, 2/9, 1/4)

(Sumber: Chang, 1996 dalam Jasril dkk, 2011)

Misalkan terdapat dua TFN, yaitu $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ dan $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$. Maka hukum operasi aritmatika dasar bagi keduanya adalah Chang (1996):

$$1. (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \dots\dots\dots (2.11)$$

$$2. (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1.l_2, m_1.m_2, u_1.u_2) \dots\dots\dots (2.12)$$

$$3. (\lambda, \lambda, \lambda) \otimes (l_i, m_i, u_i) = (\lambda l_i, \lambda m_i, \lambda u_i) \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\lambda > 0, \lambda \in \mathbb{R}$$

$$4. (l_i, m_i, u_i)^{-1} = (1/u_i, 1/m_i, 1/l_i) \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

2.8.2 Nilai Fuzzy Synthetic Extent

Misalkan $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ merupakan himpunan obyek, dan $U = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ merupakan himpunan tujuan. Berdasarkan metode *extent analysis*, setiap obyek dinilai berdasarkan setiap tujuan, maka akan diperoleh sebanyak m nilai *extent analysis* untuk setiap obyek, dengan notasi sebagai berikut (Chang, 1996):

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

di mana semua M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) adalah bilangan *triangular fuzzy*

$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m$, merupakan nilai *extent analysis* dari sejumlah i obyek untuk sejumlah m tujuan. Maka nilai dari *fuzzy synthetic extent* dapat didefinisikan sebagai berikut (Chang, 1996):

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Untuk memperoleh $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ dilakukan operasi penjumlahan nilai *fuzzy extent analysis* dengan menggunakan operasi penjumlahan seperti rumus (2.11) pada tiap-tiap bilangan *triangular fuzzy* disetiap baris seperti persamaan berikut:

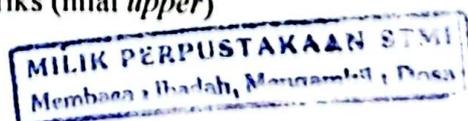
$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

$\sum_{j=1}^m l_j$ = jumlah sel kolom pertama matriks (nilai *lower*)

$\sum_{j=1}^m m_j$ = jumlah sel kolom kedua matriks (nilai *median*)

$\sum_{j=1}^m u_j$ = jumlah sel kolom ketiga matriks (nilai *upper*)



Kemudian dilakukan penjumlahan terhadap $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$ dengan persamaan berikut:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right] = \left(\sum_{j=1}^n l_i, \sum_{j=1}^n m_i, \sum_{j=1}^n u_i \right) \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai invers digunakan rumus (2.14) sehingga membentuk persamaan seperti berikut:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n l_i} \right) \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

2.8.3 Perhitungan Vektor Prioritas Pada Fuzzy AHP

Untuk memperoleh bobot vektor dari tiap kriteria, maka setiap nilai *fuzzy* dari setiap kriteria perlu dibandingkan satu sama lain. Maka, dalam hal ini diperlukan prinsip perbandingan bilangan *fuzzy*. Misalkan terdapat dua bilangan *fuzzy* M_1 dan M_2 , maka derajat kemungkinan dari $M_1 \geq M_2$ didefinisikan sebagai Chang (1996):

$$V(M_1 \geq M_2) = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Jika terdapat pasangan (x, y) di mana $x \geq y$ dan $\mu_{M_1}(x) = \mu_{M_2}(y) = 1$, maka $V(M_1 \geq M_2) = 1$. Selama M_1 dan M_2 adalah bilangan *fuzzy* konvek maka:

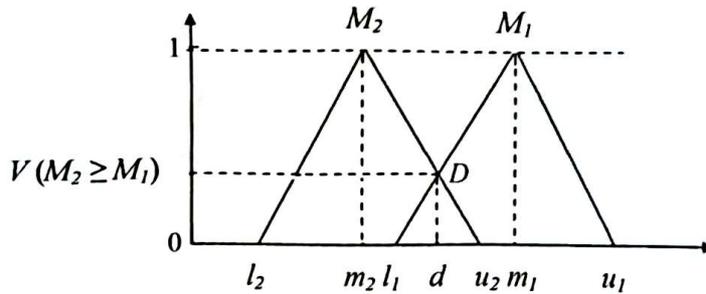
$$V(M_1 \geq M_2) = 1 \text{ iff } m_1 \geq m_2 \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Di mana d adalah ordinat dari perpotongan tertinggi titik D antara μ_{M_1} dan μ_{M_2} . Tingkat kemungkinan untuk bilangan *fuzzy* konvek dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1; & \text{jika } m_2 \geq m_1 \\ 0; & \text{jika } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}; & \text{untuk kondisi lainnya} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

Perbandingan dua bilangan *fuzzy* tersebut dapat digambarkan secara grafik seperti yang terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Kurva Perpotongan antara M_1 dan M_2
(Sumber: Chang, 1996)

Untuk membandingkan M_1 dan M_2 , maka perlu diketahui nilai $V(M_1 \geq M_2)$ dan $V(M_2 \geq M_1)$. Hasil dari perbandingan bilangan *fuzzy* ini adalah suatu nilai derajat keanggotaan. Setelah setiap bilangan *fuzzy* dibandingkan dengan acuannya, maka perlu dicari nilai gabungan dari kumpulan bilangan *fuzzy* tersebut. Tingkat kemungkinan dari bilangan *fuzzy* konvek yang lebih besar dari k bilangan *fuzzy* konvek M_i ($i = 1, 2, 3, \dots, k$) dapat didefinisikan sebagai:

$$\begin{aligned}
 V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ dan } (M \geq M_2) \text{ dan } \dots \text{ dan } (M \geq M_k)] \\
 &= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k \quad \dots\dots\dots (2.23)
 \end{aligned}$$

Asumsikan bahwa $d'(A_1) = \min V(S_i \geq S_k)$ untuk $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$. Maka vektor bobot didefinisikan sebagai berikut:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

di mana A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) merupakan n elemen. Melalui normalisasi akan didapatkan bobot vektor ternormalisasi:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

di mana W adalah bilangan *non fuzzy*.

2.8.4 Langkah-Langkah Perhitungan *Fuzzy* AHP

Dari konsep dasar *Fuzzy* AHP di atas, dapat dibuat langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut:

1. Menyusun dan membuat struktur hierarki dari permasalahan yang ada.
2. Menentukan penilaian perbandingan berpasangan dengan skala AHP.
3. Mengubah bobot penilaian perbandingan berpasangan ke dalam bilangan *triangular fuzzy* seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.7.
4. Menggabungkan penilaian perbandingan berpasangan, jika terdapat lebih dari satu pengambil keputusan.
5. Dari matriks tersebut hitung nilai *fuzzy synthetic extent* untuk tiap elemen dengan persamaan (2.15).
6. Membandingkan setiap nilai *fuzzy synthetic extent* dengan menggunakan persamaan (2.22).
7. Dari hasil perbandingan nilai *fuzzy synthetic extent* maka diambil nilai minimumnya dengan menggunakan persamaan (2.23).
8. Melakukan normalisasi vektor bobot dari nilai minimum pada langkah 7.

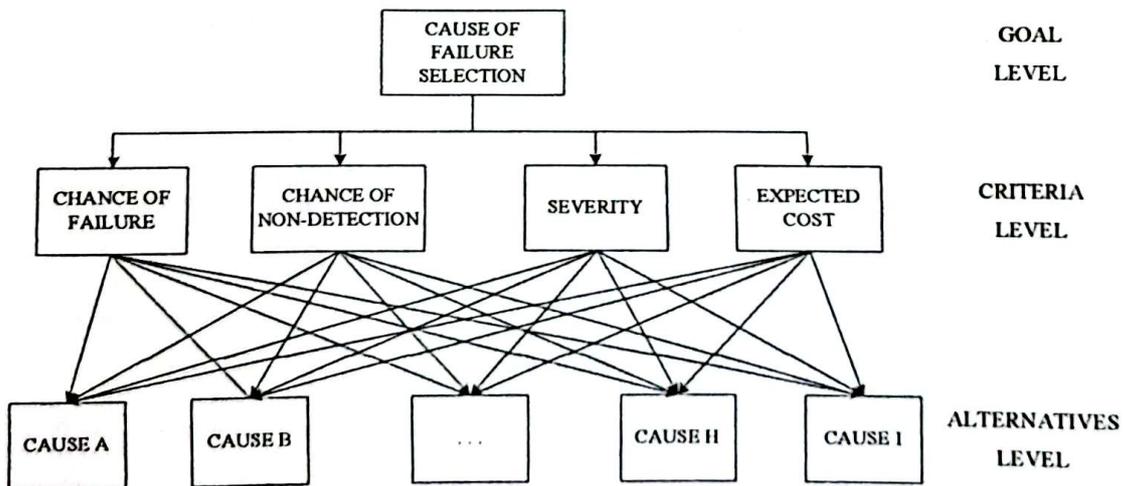
2.9 Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA)

Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA) merupakan metode reliabilitas dan analisis bentuk kegagalan yang mengintegrasikan aspek konvensional dari FMEA dengan mempertimbangkan aspek ekonomi (Braglia, 2000). Metode MAFMA dikembangkan oleh Marcello Braglia untuk mengatasi kelemahan yang terdapat pada FMEA. Pada FMEA hanya beberapa atribut kegagalan yang dipertimbangkan, sedangkan faktor penting seperti aspek ekonomi diabaikan (Braglia, 2000).

Dalam jurnal Braglia (2000) dibahas model FMEA yang memperhitungkan aspek ekonomi dan model FMEA jenis ini sudah banyak dikembangkan misalnya Garrick (1998) mempertimbangkan kriteria kualitas produk, lingkungan kerja yang aman, kerugian jumlah produksi, dan lain-lain. De Viva dkk (1995) mempertimbangkan analisis ekonomi dari biaya kerugian produksi, biaya karena kualitas jelek, dan biaya saat pabrik tidak beraktivitas. Dengan mempertimbangkan kriteria yang berbeda selama analisis kegagalan, maka diusulkan sebuah pendekatan multi kriteria berdasarkan teknik AHP, di mana

aspek dari FMEA murni diintegrasikan dengan pertimbangan aspek ekonomi, Braglia menyebut metode ini sebagai MAFMA.

Metode MAFMA melakukan perhitungan dengan mengintegrasikan faktor dari FMEA yaitu *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, *severity*, dengan *expected cost* (Hetharia, 2009). Perkiraan biaya merupakan aspek ekonomi yang dihitung dengan cara perbandingan berpasangan “kualitatif”. Hal ini disebabkan karena ketidakmampuan untuk melakukan penilaian dengan tepat oleh pihak terkait misalnya staf pemeliharaan (Braglia, 2000). Pada metode MAFMA, formulasi *ranking* prioritas penyebab kegagalan dilakukan dengan bantuan AHP, sehingga mempermudah analisis secara efektif dan efisien. Metode AHP membantu untuk melakukan analisis secara sistematis dengan mengelompokkannya ke dalam struktur hierarki. Penyebab kegagalan utama sebagai level tujuan, faktor *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, *severity*, dan *expected cost* sebagai level kriteria, dan sebagai level alternatif adalah penyebab kegagalan yang mungkin terjadi (Hetharia, 2009). Struktur AHP dalam metode MAFMA dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Struktur Hierarki AHP dalam MAFMA
(Sumber: Braglia, 2000)

Metode MAFMA yang dikembangkan oleh Braglia memiliki langkah-langkah penyelesaian sebagai berikut:

1. Analisis mode kegagalan dengan FMEA dan dipresentasikan dalam tabel.
2. Uji perbandingan berpasangan antar kriteria lalu prioritas masing-masing kriteria dievaluasi dengan AHP.
3. Uji perbandingan berpasangan untuk alternatif di kriteria *expected cost*.

Hasil dari uji perbandingan berpasangan alternatif di kriteria *expected cost* akan mendapatkan *local priority* alternatif di kriteria *expected cost*.

4. Menghitung *Local priority*

Dengan menggunakan data pada tabel FMEA yang telah dibuat, *local priority* untuk *severity*, *occurrence*, dan *detection* dapat dihitung melalui normalisasi dengan mengikuti persamaan berikut:

Local priority Severity:

$$\text{Nilai Severity/Total Severity} \dots\dots\dots (2.26)$$

Local priority Occurrence:

$$\text{Nilai Occurrence/Total Occurrence} \dots\dots\dots (2.27)$$

Local priority Detection:

$$\text{Nilai Detection/Total Detection} \dots\dots\dots (2.28)$$

5. Menghitung *Total priority*. *Total priority* didapatkan dengan persamaan:

Total priority Severity:

$$\text{Local priority Severity} \times \text{Bobot Severity} \dots\dots\dots (2.29)$$

Total priority Occurrence:

$$\text{Local priority Occurrence} \times \text{Bobot Occurrence} \dots\dots\dots (2.30)$$

Total priority Detection:

$$\text{Local priority Detection} \times \text{Bobot Detection} \dots\dots\dots (2.31)$$

Total priority Expected cost:

$$\text{Local priority Expected cost} \times \text{Bobot Expected cost} \dots\dots\dots (2.32)$$

6. Menghitung *Overall priority (Evaluation)* setiap penyebab kegagalan

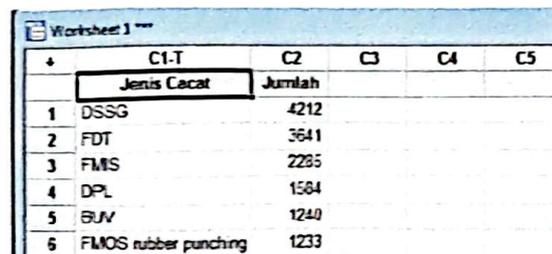
Overall priority (Evaluation):

$$\sum \text{Total priority (Severity, Occurrence, Detection, Expected cost)} \dots\dots\dots (2.33)$$

2.10 Minitab

Minitab dikembangkan di Pennsylvania State University oleh periset Barbara F. Ryan, Thomas A. Ryan, Jr., dan Brian L. Joiner pada tahun 1972. *Minitab* adalah program komputer yang dirancang untuk melakukan pengolahan statistik. *Minitab* mengkombinasikan kemudahan penggunaan layaknya *Microsoft Excel* dengan kemampuannya melakukan analisis statistik yang kompleks (Sari dan Listyorini, 2013). Salah satu pemanfaatan *software Minitab* adalah untuk membuat diagram pareto. Langkah-langkah pembuatan diagram pareto dengan *software Minitab* adalah sebagai berikut:

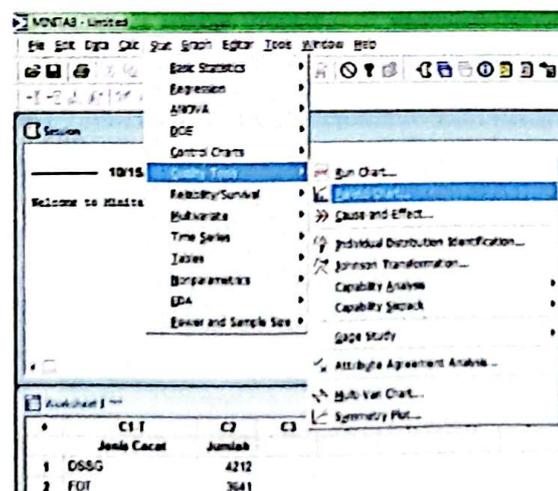
1. Masukkan data yang akan diolah pada *worksheet*.



	C1-T	C2	C3	C4	C5
	Jenis Cacat	Jumlah			
1	DSSG	4212			
2	FDT	3641			
3	FMS	2285			
4	DPL	1584			
5	BUN	1240			
6	FMOS rubber punching	1233			

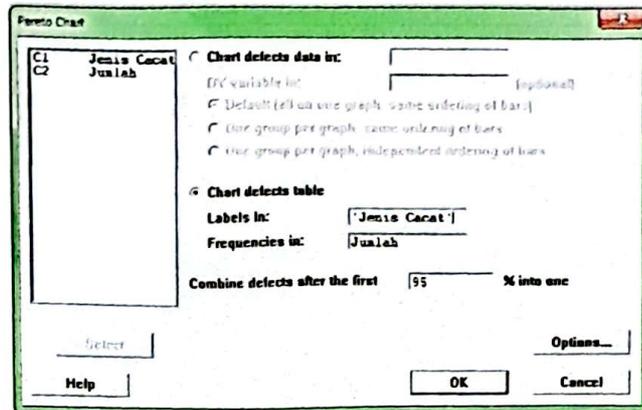
Gambar 2.11 Tampilan *Worksheet Minitab*
(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

2. Pada *menu bar* pilih *Stat* → *Quality Tools* → *Pareto Chart*



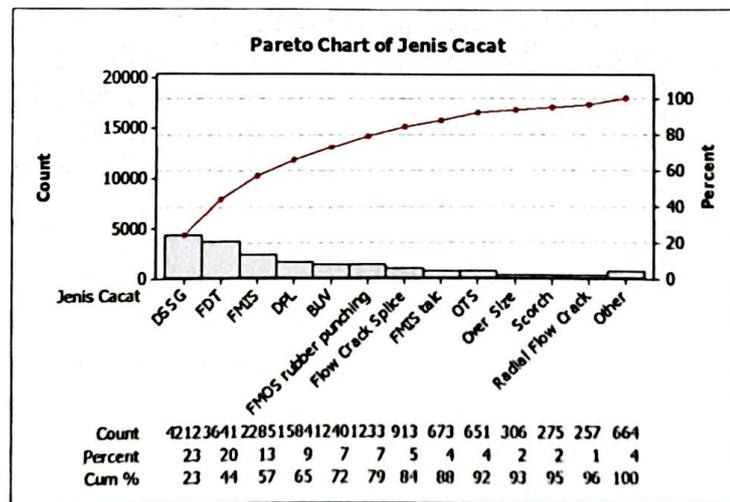
Gambar 2.12 Langkah Pembuatan Diagram Pareto dengan *Minitab*
(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

- Lalu muncul kotak dialog seperti pada Gambar 2.13. Isi kotak dialog *Labels in* dengan kolom C1 yaitu 'Jenis Cacat' dan kotak dialog *Frequencies in* dengan kolom C2 yaitu 'Jumlah' lalu klik OK.



Gambar 2.13 Kotak Dialog *Pareto Chart* Pada *Minitab*
(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

- Setelah mengklik OK, diagram pareto akan dimunculkan secara otomatis seperti yang terlihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Hasil Pembuatan Diagram Pareto dengan *Minitab*
(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

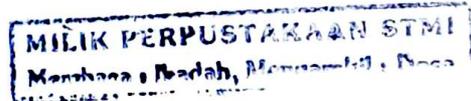
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian berisi langkah-langkah penelitian yang disusun secara sistematis dalam proses penelitian sehingga penelitian dapat lebih terarah dan memudahkan dalam pemecahan serta analisis permasalahan yang diteliti. Langkah-langkah metodologi penelitian yang dilakukan dalam upaya memecahkan permasalahan yang diteliti adalah sebagai berikut:

3.1 Jenis dan Sumber Data

Data merupakan salah satu unsur penting sebagai bahan masukan dalam melakukan pengolahan data. Jenis dan sumber data yang diperoleh dijelaskan pada paragraf selanjutnya.



3.1.1 Jenis Data

Pada penelitian ini dikumpulkan data yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti. Adapun jenis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung dari sumbernya. Data primer dalam penelitian ini adalah data hasil wawancara dan data hasil kuesioner.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan dari sumber yang telah ada. Data sekunder dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data umum perusahaan
- b. Data produksi *tube* 811X periode April 2014-Maret 2015
- c. Data jumlah cacat *tube* 811X April 2014-Maret 2015
- d. Data jenis cacat *tube* 811X

3.1.2 Sumber Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berdasarkan sumbernya terdiri dari:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung dari sumbernya, dapat berupa opini secara individual/kelompok atau merupakan hasil observasi. Data primer dalam penelitian ini diperoleh dengan wawancara langsung terhadap narasumber dan pengisian kuesioner oleh responden.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung. Data dihimpun dari berbagai sumber yang telah ada. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari departemen *Human Resources & General Accounting* (HR & GA) dan seksi *Quality Assurance* (QA).

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan dilakukan dengan mengamati langsung obyek yang diteliti untuk memperoleh informasi dan data yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan pada proses produksi *tube* 811X secara visual.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk memperoleh keterangan-keterangan secara lisan melalui proses tanya-jawab terhadap narasumber berkaitan dengan permasalahan yang diteliti. Dalam penelitian ini narasumber yang ditetapkan adalah manajer seksi QA, *chief* seksi QA, dan dua orang staf ahli *tube* seksi QA.

3. Kuesioner

Kuesioner dilakukan dengan mengajukan sekumpulan pertanyaan tertulis kepada responden untuk memperoleh informasi. Dalam penelitian ini kuesioner yang diajukan bertujuan untuk mengetahui penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria dan antar alternatif pada kriteria *expected cost*. Adapun responden yang ditetapkan adalah manajer seksi QA dan staf ahli *tube* seksi QA.

4. Penelitian Kepustakaan

Penelitian kepustakaan dilakukan untuk mengumpulkan informasi dan data yang berhubungan dengan penelitian yang dapat diperoleh dari buku-buku, catatan-catatan selama kuliah dan sumber lain yang relevan dengan penelitian. Penelitian kepustakaan ini berisikan data yang bersifat teori dan merupakan penunjang dalam melaksanakan penelitian lapangan.

3.3 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan melalui langkah-langkah yang sistematis berdasarkan pada permasalahan yang diteliti. Langkah-langkah pemecahan masalah dalam metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Studi Lapangan

Studi lapangan dimaksudkan untuk melihat kondisi perusahaan dengan lebih jelas serta mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi perusahaan terutama yang berkaitan dengan kualitas. Studi ini dilakukan dengan cara penelitian lapangan dan melakukan tanya-jawab dengan staf ahli QA terkait dengan permasalahan yang ada.

3.3.2 Identifikasi Masalah

Setelah melakukan studi lapangan maka selanjutnya dilakukan identifikasi masalah. Adapun masalah yang teridentifikasi adalah tingginya jumlah cacat produk *tube* 811X yang terdapat pada proses produksi *tube* 811X seperti yang telah diuraikan pada BAB I.

3.3.3 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk menunjang penelitian. Hasil dari studi pustaka akan digunakan sebagai landasan teori. Landasan teori ini dapat membantu untuk memberikan konsep yang akan digunakan dalam pengolahan data guna memecahkan permasalahan yang diteliti. Studi pustaka dapat dilakukan dengan mempelajari literatur-literatur, buku-buku, dan sumber lainnya yang berkaitan dengan peningkatan kualitas dan metode MAFMA dengan pendekatan *Fuzzy AHP*.

3.3.4 Perumusan Masalah

Langkah selanjutnya adalah menetapkan perumusan masalah. Berdasarkan permasalahan yang teridentifikasi maka ditetapkan beberapa perumusan masalah seperti yang telah diuraikan pada BAB I.

3.3.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dibuat agar setiap langkah yang dilakukan dalam penelitian ini terarah dan tepat sasaran sesuai dengan perumusan masalah yang telah ditetapkan. Adapun tujuan penelitian ini telah dijelaskan pada BAB I.

3.3.6 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung pemecahan masalah yang diteliti. Adapun data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

- a. Data umum perusahaan
- b. Data jumlah produksi *tube* 811X periode April 2014-Maret 2015
- c. Data jumlah cacat *tube* 811X periode April 2014-Maret 2015
- d. Data jenis cacat *tube* 811X
- e. Data hasil wawancara dan kuesioner

3.3.7 Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan terhadap hasil pengumpulan data, dengan menggunakan metode yang telah ditetapkan guna memecahkan permasalahan yang diteliti. Langkah-langkah dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Masalah Dominan

Untuk menentukan masalah yang paling dominan digunakan diagram pareto. Dalam hal ini yaitu untuk menentukan jenis cacat *tube* 811X yang paling dominan.

2. Pengolahan Data Menggunakan Metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy* AHP

Langkah-langkah pengolahan data menggunakan metode MAFMA dengan pendekatan *Fuzzy* AHP adalah sebagai berikut:

- 2.1 Pengolahan Data dengan Metode FMEA

Langkah ini dilakukan untuk mengidentifikasi kegagalan potensial dan risikonya pada proses yang dominan bermasalah menghasilkan unit cacat. Pengolahan data dengan metode FMEA dilakukan dengan mewawancarai manajer seksi QA, *chief* seksi QA, serta dua orang staf ahli *tube* seksi QA, yang merupakan informan inti untuk produk *tube*. Tahap pengolahan data dengan metode FMEA adalah sebagai berikut:

- a. Identifikasi fungsi proses

Mendaftarkan setiap proses yang dianalisis termasuk persyaratannya.

- b. Identifikasi jenis kegagalan potensial

Mendaftarkan setiap kejadian di mana proses dapat dikatakan secara potensial gagal untuk memenuhi persyaratan proses atau desain.

- c. Identifikasi efek kegagalan potensial

Mengidentifikasi efek dari bentuk kegagalan potensial terhadap pelanggan internal maupun eksternal.

- d. Menentukan nilai *severity*

Penilaian keseriusan efek dari bentuk kegagalan potensial. Pemberian nilai mengacu pada tabel *severity* yang diadopsi.

- e. Identifikasi penyebab kegagalan potensial
Mengidentifikasi penyebab dari bentuk kegagalan potensial. Dalam hal ini digunakan *tools five whys* untuk memperoleh akar permasalahan.
- f. Menentukan nilai *occurrence*
Penilaian tingkat keterjadian penyebab kegagalan. Pemberian nilai mengacu pada tabel *occurrence* yang diadopsi.
- g. Identifikasi kendali saat ini
Mengidentifikasi kontrol yang dapat mencegah atau mendeteksi terjadinya bentuk kegagalan ataupun penyebab kegagalan.
- h. Menentukan nilai *detection*
Penilaian terhadap kemungkinan kontrol/alat dapat mendeteksi kegagalan. Pemberian nilai mengacu pada tabel *detection* yang diadopsi.
- i. Menghitung nilai *Risk Priority Number (RPN)*
RPN merupakan angka yang menyatakan skala prioritas dari risiko yang digunakan sebagai petunjuk dalam melakukan tindakan perbaikan. Nilai RPN diperoleh dengan cara mengalikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

2.2 Menyusun Struktur Hierarki MAFMA

Struktur hierarki MAFMA terdiri dari tiga level. Level pertama mewakili tujuan yaitu *cause of failure selection*, level kedua mewakili kriteria yang terdiri dari *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, *severity*, dan *expected cost*, dan level ketiga mewakili alternatif yang berisi penyebab-penyebab kegagalan (*potential causes*) yang diperoleh dari hasil pengolahan dengan metode FMEA.

2.3 Melakukan Penilaian Perbandingan Berpasangan dengan Skala AHP

Tahap ini dilakukan dengan mengajukan kuesioner untuk diisi oleh responden yang telah ditetapkan. Pertama, penilaian dilakukan terhadap kriteria yang telah ditetapkan. Kedua, penilaian dilakukan untuk alternatif di kriteria *expected cost*. Kemudian hasilnya ditransformasikan dalam bentuk matriks.

2.4 Menghitung Konsistensi Penilaian Perbandingan Berpasangan

Kekonsistenan penilaian responden dapat diuji dengan menghitung nilai *Consistency Ratio* (CR). Tahapan untuk menghitung nilai CR telah dijelaskan pada BAB II.

2.5 Menghitung Bobot Kriteria dan Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* dengan Pendekatan *Fuzzy AHP*

Pada langkah ini bobot kriteria dan alternatif di kriteria *expected cost* dihitung melalui tahapan sebagai berikut:

a. Mengubah nilai perbandingan berpasangan ke dalam skala TFN

Hasil penilaian perbandingan berpasangan pada kriteria dan alternatif di *expected cost* yang telah diuji konsistensinya diubah menjadi bilangan *fuzzy* dengan menggunakan skala TFN.

b. Menghitung bobot kriteria dan alternatif di kriteria *expected cost* dengan metode *extent analysis* melalui tahapan sebagai berikut:

- Menghitung nilai *fuzzy synthetic extent*. Untuk menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* digunakan persamaan (2.15) yang telah dijelaskan pada BAB II.
- Membandingkan setiap nilai *fuzzy synthetic extent*. Nilai *fuzzy synthetic extent* yang telah diperoleh kemudian dibandingkan dengan mengikuti persamaan (2.22) seperti yang telah dijelaskan pada BAB II.
- Mengambil nilai minimum hasil perbandingan *fuzzy synthetic extent*. Dari hasil perbandingan nilai *fuzzy synthetic extent* diambil nilai minimumnya sehingga akan diperoleh vektor bobot pada kriteria dan alternatif di *expected cost*. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.23) yang telah dijelaskan pada BAB II.
- Normalisasi vektor bobot. Setelah diperoleh vektor bobot, selanjutnya dilakukan normalisasi untuk memperoleh vektor bobot *non fuzzy*. Hasilnya adalah bobot akhir untuk tiap kriteria dan alternatif di *expected cost*. Bobot akhir pada alternatif di *expected cost* akan menjadi nilai *local priority*.

2.6 Menghitung *Local Priority*

Local priority untuk alternatif pada kriteria lainnya, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* dihitung melalui normalisasi nilai yang diperoleh dari hasil analisis FMEA. Untuk tahap ini digunakan persamaan (2.26), (2.27), dan (2.28) seperti yang dijelaskan pada BAB II.

2.7 Menghitung *Total Priority*

Total priority diperoleh dengan cara mengalikan nilai *local priority* dengan bobot kriteria. Perhitungan ini dilakukan pada tiap alternatif di semua kriteria dengan mengikuti persamaan (2.29), (2.30), (2.31), (2.32) seperti yang telah dijelaskan pada BAB II.

2.8 Menghitung *Overall Priority (Evaluation)*

Tahap ini dilakukan dengan menjumlahkan *total priority* pada setiap alternatif penyebab kegagalan. Setelah itu bobot setiap penyebab kegagalan diurutkan dari yang terbesar sampai yang terkecil untuk mengetahui prioritas penyebab kegagalan.

3.3.8 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian. Analisis yang dilakukan meliputi:

1. Analisis Masalah Dominan

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui jenis cacat *tube 811X* yang dominan bermasalah berdasarkan hasil diagram pareto.

2. Analisis Bobot Prioritas Kriteria

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui prioritas setiap kriteria yang dipertimbangkan dalam metode MAFMA, yaitu kriteria *severity*, *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, dan *expected cost* berdasarkan bobotnya yang dihitung dengan pendekatan *Fuzzy AHP*.

3. Analisis Bobot Prioritas Alternatif Di Setiap Kriteria

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui bobot prioritas tiap alternatif penyebab kegagalan yang teridentifikasi pada masing-masing kriteria.

4. Analisis Prioritas Penyebab Kegagalan Pada Metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy* AHP

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui bobot akhir setiap alternatif penyebab kegagalan berdasarkan metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy* AHP sehingga diketahui urutan prioritas setiap penyebab kegagalan.

5. Analisis Usulan Perbaikan Penyebab Kegagalan

Analisis ini dilakukan untuk memberikan usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengatasi penyebab kegagalan sebagai solusi untuk menurunkan unit cacat pada proses produksi *tube*.

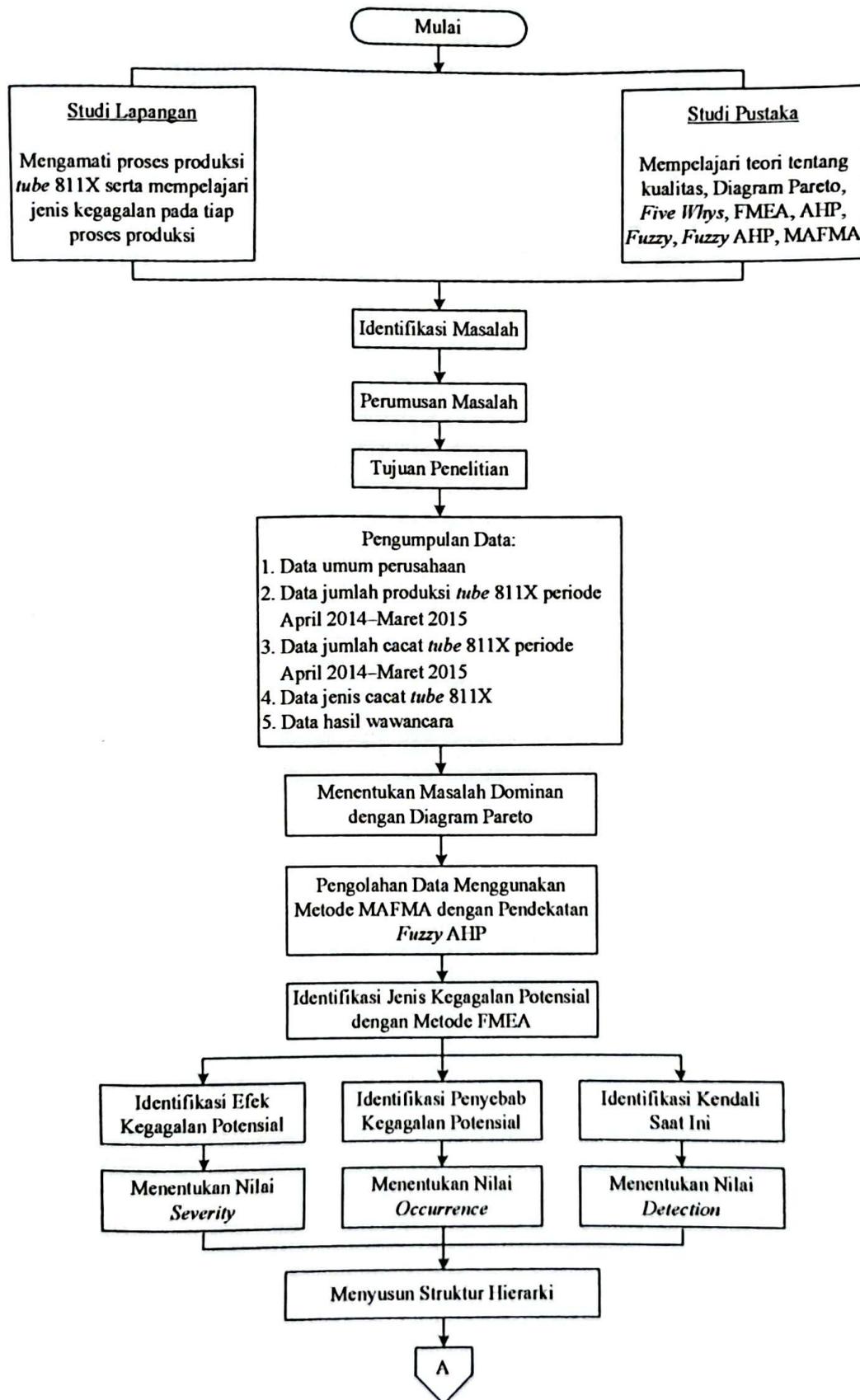
6. Analisis Sensitivitas

Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi dampak perubahan prioritas kriteria terhadap hasil evaluasi setiap alternatif penyebab kegagalan.

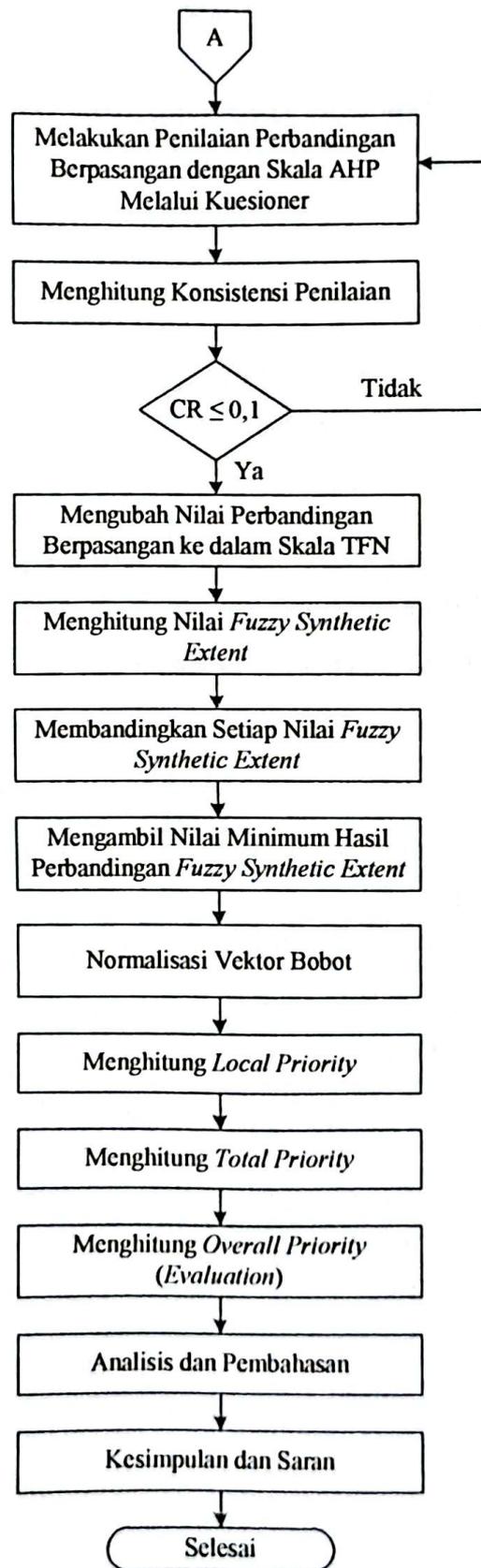
3.3.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan pengolahan dan analisis data, maka tahap selanjutnya adalah menarik kesimpulan atas hasil yang diperoleh ditahap sebelumnya, sesuai dengan tujuan penelitian serta memberikan saran yang bermanfaat.

Untuk memudahkan penelitian, maka langkah-langkah pada teknik analisis data yang telah dijelaskan di atas digambarkan menjadi suatu kerangka pemecahan masalah seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kerangka Pemecahan Masalah



Gambar 3.1. Kerangka Pemecahan Masalah (lanjutan...)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian. Data dan informasi yang dihimpun dari perusahaan guna mencapai tujuan diuraikan pada paragraf selanjutnya.

4.1.1 Data Umum Perusahaan

Data umum perusahaan berguna untuk memberikan gambaran umum mengenai perusahaan. Data umum perusahaan diuraikan sebagai berikut:

4.1.1.1 Profil Perusahaan

PT Bridgestone Tire Indonesia (BSIN) adalah perusahaan "joint venture" antara perusahaan swasta Indonesia dan Jepang yang didirikan untuk memenuhi kebutuhan produk *tire*, *tube*, dan *flap* yang bermutu tinggi baik untuk pelanggan di Indonesia maupun mancanegara. PT BSIN didirikan berdasarkan UU Pemerintah RI No.1 Tahun 1967 tentang Penanaman Modal Asing (PMA). Profil mengenai PT BSIN adalah sebagai berikut:

Nama Perusahaan : PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA (BSIN)

Didirikan : 8 September 1973

Modal Awal : US\$ 24.960.000,-

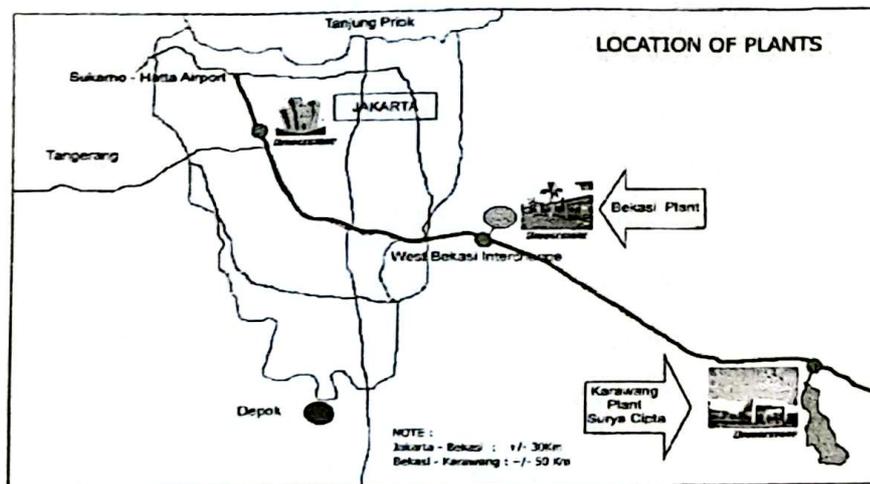
Pemegang Saham : 1. Bridgestone Corporation (54,25%)
: 2. PT Sinar Bersama Makmur (45,75%)

Landasan Hukum : 1. Surat Keputusan Menteri Perindustrian,
No.295/M/SK/8/1973, Tanggal 11 Agustus 1973.
: 2. Surat Izin Presiden, No. B-84/Pres/8/1973,
Tanggal 1 Agustus 1973.

MILIK PERPUSTAKAAN S. F. M.
Membaca, Ibadah, Mengambil, Menan

Bekasi Plant

Didirikan	: 1 Januari 1975
Investasi	: US\$ 182.171.400,-
Awal Produksi	: 1 Oktober 1975
Lokasi	: Jalan Raya Bekasi KM.27 Bekasi, Jawa Barat
Luas Area	: 29,8 Ha
Karyawan	: 2.103 orang (per Maret 2014)
Jenis Produk	: <i>Automotive Tire, Tube, & Flap</i>



Gambar 4.1 Lokasi PT BSIN

(Sumber: PT BSIN, 2015)

4.1.1.2 Misi dan Kebijakan Perusahaan

PT BSIN mempunyai *tagline* “*Your Journey, Our Passion*” yang berarti “*Perjalanan Anda, Semangat Kami*”. Maksud dari *tagline* ini adalah perusahaan akan selalu bersemangat untuk mendukung beragam gaya perjalanan konsumennya. Sedangkan, misi perusahaan adalah “*Menyumbang Masyarakat Dengan Mutu Tertinggi*” dengan menjalankan Prinsip Dasar Bridgestone, yaitu:

- *Seijitsu-Kyocho* (Integritas dan Kerjasama)
- *Shinshu-Dokuso* (Pelopor Kreativitas)
- *Genbutsu-Genba* (Peninjauan Lapangan)
- *Jukuryo-Danko* (Kematangan Tindakan)

Misi dan prinsip dasar yang ditetapkan perusahaan disebut sebagai *Esensi Bridgestone* yang siap mendukung kebijakan negara dalam menggalakkan ekspor produk non-migas dengan mengusahakan peningkatan penjualan ekspor. Dengan menepati komitmen terhadap kualitas bukan hanya untuk mendapatkan keuntungan semata, tetapi juga semangat untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan dalam segala aspek bagi semua orang di seluruh dunia.

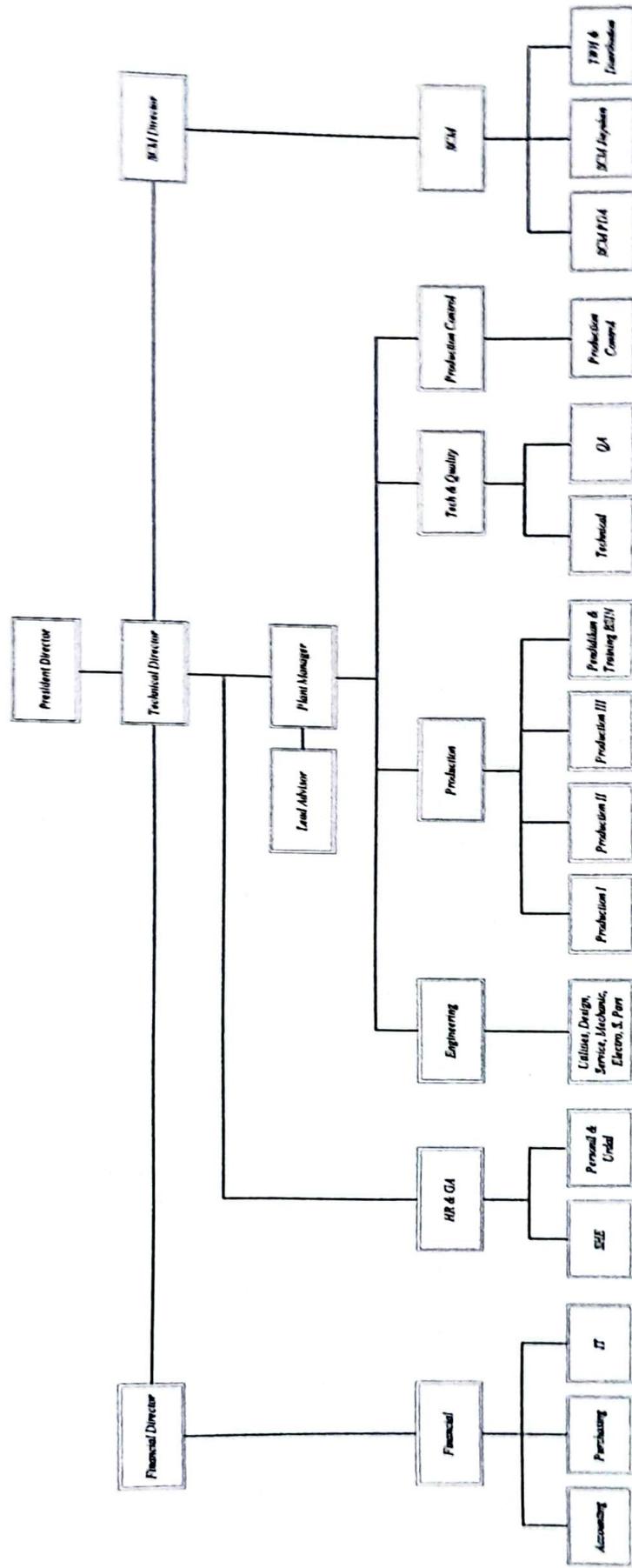
4.1.1.3 Sejarah Perkembangan Perusahaan

Sejarah perkembangan PT BSIN diawali pada tanggal 1 Oktober 1975 dengan diproduksi ban pertama, yaitu ban truk dan bus yang dilakukan di pabrik Bekasi. Pada tanggal 5 Februari 1976 dilakukan peresmian perusahaan oleh menteri perindustrian RI dan gubernur provinsi Jawa Barat yang berlangsung di pabrik Bekasi. Pada tahun 1977 dimulai pemasaran pertama ke perusahaan perakitan kendaraan bermotor sebagai *Original Equipment (OE)*. Pada tahun 1979 untuk pertama kalinya diproduksi ban dengan konstruksi radial dengan *pattern RD 102* untuk mobil sedan. Pada tahun 1980 perluasan pabrik tahap kedua di Bekasi selesai.

Pada tahun 1982 diresmikan Loka Latihan Keterampilan Bridgestone (LLKBS), sebagai sumbangan Bridgestone kepada masyarakat di bidang pendidikan. Pada bulan Januari 1995 perusahaan memperoleh sertifikat mutu ISO 9002 dari *Llyod's Register Quality Assurance Limited*, Inggris. Pada tahun 1997 perusahaan memperoleh akreditasi mutu ISO 9001 & QS 9000. Pada tahun 2000 perusahaan memperoleh akreditasi mutu ISO 14001. Pada tahun 2004 diperoleh akreditasi mutu ISO/TS-16949. Pada tahun 2011 diresmikan *Occupational Health & Safety Management System (OHSAS) 2007 & Awareness (OHSAS dan kesadaran)*, serta sertifikasi rekomendasi dari LRQA (*Llyod's Register Quality Assurance*) (*external audit*) dan pada tahun 2012 dilakukan sertifikasi dan adopsi OHSAS:2007 oleh perusahaan.

4.1.1.4 Struktur Organisasi

Struktur organisasi PT BSIN untuk Bekasi *Plant* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT BSIN

(Sumber: PT BSIN, 2015)

4.1.1.5 Job Description

PT BSIN untuk Bekasi *Plant* terbagi atas tiga direksi yaitu *technical*, *financial*, dan SCM dengan tujuh departemen yang masing-masing departemen dipimpin oleh seorang manajer. Dalam menjalankan tugasnya, para manajer dibantu oleh kepala seksi disetiap unit. Tugas dan tanggung jawab tiap unit adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 *Job Description* PT BSIN

<i>DIRECTOR</i>	<i>DEPARTMENT</i>	<i>SECTION</i>	<i>MAIN JOB</i>
1. <i>Financial</i>	<i>Financial</i>	<i>Purchasing</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pembelian bahan baku dan perlengkapan/peralatan mesin. 2. Kontrol stok bahan baku dan estimasi pemakaian. 3. Survey dan mengadopsi <i>supplier</i> baru.
		<i>Accounting</i>	Kontrol keuangan dan <i>budget</i> perusahaan
		IT (<i>Information Technology</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desain dan perawatan <i>software</i>. 2. <i>Back up soft data</i>. 3. Kontrol semua komputer dan jaringan.
2. <i>Technical</i>	<i>Production Control</i>	PC (termasuk <i>Industrial Engineering</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penerbitan pemesanan produksi. 2. Penerbitan kebutuhan pemakaian <i>raw material</i>. 3. Melakukan kontrol <i>loading time</i>/mesin, <i>man power</i> dan <i>material</i>.
3. <i>Supply Chain Management (SCM)</i>	SCM	<i>Production & Distribution Administration (PDA)</i> , TWH, RMH & TPS Jishuken	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyusun perencanaan produksi dan budget untuk <i>long term</i> dan <i>short term</i>. 2. <i>Budget</i> perlengkapan/<i>equipment</i> (terkait <i>curing</i>). 3. Kontrol dan pendistribusian <i>business plan</i>.

Tabel 4.1 Job Description PT BSIN (lanjutan...)

<i>DIRECTOR</i>	<i>DEPARTMENT</i>	<i>SECTION</i>	<i>MAIN JOB</i>
3. <i>Supply Chain Management (SCM)</i>	SCM	<i>Production & Distribution Administration (PDA), TWH, RMH & TPS Jishuken</i>	<p>4. Sebagai <i>window</i> penanganan 8013 (PC BSJ) & konfirmasi dengan <i>sales</i>.</p> <p>5. <i>Finished goods</i>, kontrol stok, penyimpanan, pendistribusian dan pengiriman.</p> <p>6. Penerimaan, pengiriman & <i>control stock raw material</i>.</p> <p>7. TPS Jishuken.</p>
4. <i>Technical</i>	<i>Engineering</i>	<i>Utilities, Design, Service, Mechanic, Electro, Spare Part</i>	<p>1. Desain dan instalasi mesin baru.</p> <p>2. <i>Preventive & Predictive maintenance</i>.</p> <p>3. <i>Accuracy machine</i> & kalibrasi peralatan pengujian/alat ukur.</p> <p>4. <i>Tooling management & control spare part</i>.</p>
5. <i>Technical</i>	<i>Technical dan Quality Assurance (QA)</i>	<i>Quality Assurance (termasuk Laboratorium)</i>	<p>1. Membuat, menetapkan, meninjau dan menjaga QMS.</p> <p>2. Kontrol tindakan perbaikan/pencegahan <i>quality trouble</i>.</p> <p>3. Kontrol <i>standard</i>.</p> <p>4. Pengaturan produk dan ketidaksesuaian <i>raw material</i>.</p> <p>5. <i>Control Capability Process</i></p> <p>6. Menentukan stop produksi.</p> <p>7. Kontrol aktifitas peningkatan berkelanjutan (audit QMS, proses dan produk).</p>

Tabel 4.1 *Job Description* PT BSIN (lanjutan...)

<i>DIRECTOR</i>	<i>DEPARTMENT</i>	<i>SECTION</i>	<i>MAIN JOB</i>
5. <i>Technical</i>	<i>Technical dan Quality Assurance (QA)</i>	<i>Technical</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penerbitan <i>process card</i>. 2. <i>Trial new product</i> dan <i>judgment</i> untuk <i>mass production</i>. 3. Membuat, menetapkan, dan meninjau prosedur kerja. 4. Pengaturan <i>nonconforming material inprocess</i>. 5. Menentukan <i>spesial karakteristik</i>.
6. <i>Technical</i>	<i>Production</i>	<i>Production I, II, III, dan Pendidikan & Training BSIN</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat <i>produksi</i> berdasarkan <i>order/ pengiriman</i>. 2. Perbaikan produk <i>defect, cost & kapasitas</i>. 3. <i>Continual improvement activities control (SRC, SZD)</i>.
7. <i>Technical</i>	<i>HR & GA</i>	<i>SHE dan Personil & Urdal</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengembangan sumber daya manusia (pengadaan tenaga kerja, kesejahteraan, upah, keselamatan, pelatihan, kompetensi). 2. Motivasi dan keterlibatan karyawan. 3. Perawatan infrastruktur. 4. Implementasi ISO 14001. 5. Keamanan, <i>hubungan umum & mengikuti peraturan pemerintah</i>.

(Sumber: PT BSIN, 2015)

4.1.1.6 Produk Perusahaan

Seluruh produk Bridgestone dirancang dan dikembangkan melalui penelitian yang mendalam dan pengembangan secara terus-menerus, tidak hanya di Indonesia tetapi juga di pusat pengembangan teknologi ban di Tokyo, Jepang. Jaringan pemasaran Bridgestone mencakup domestik, REP/*Replacement* (penjualan ke agen) dan OEM/*Original Equipment Manufacturing* (penjualan ke perusahaan perakitan mobil kendaraan), dan ekspor. Produk dari PT BSIN, yaitu:

1. Produk *tire* (ban luar) seperti;
 - a) *Passenger tire*, baik premium *tire* seperti Potenza, *high performance tire* seperti Techno, dan *ecoproducts* seperti Ecopia.
 - b) *Light truck and van (LTV) tire*, untuk *van radial tire* seperti Bison B-623 dan untuk *light truck bias tire* seperti *Mighty Rib A (MRA)*.
 - c) *Products 4x4 (Dueler)* seperti *Dueler Highway Performance (H/P 680)* dan *Dueler Highway Terrain (H/T 840)*.
 - d) *Truck and Bus Bias (TBS) tire* seperti E-Miler Super-A (EMSA) dan E-Miler Long Service (EMLS).
 - e) *Truck and Bus Radial (TBR) tire* seperti R151 dan R172.
 - f) Produk Industrial yaitu J-LUG dan U-LUG.
 - g) Produk Agrikultural yaitu *Farm Service Lug M* dan *Farm Service Rib A*.
 - h) Produk *Off Road* yaitu *Bridgestone Off The Road (Fast Grip/FG)*.



Gambar 4.3 Contoh Produk *Tire*

(Sumber: PT BSIN, 2015)

2. Produk *tube* (ban dalam) seperti;
 - a) *Original replacement*: 872Z TR-77A dan 802X JSP2.
 - b) *Light truck*: 811X TR-177A dan 812Y-6E JS-75.
 - c) *Agrikultural*: 090Z TR-13.
 - d) *Passenger*: 836Z TR-13 (R) dan 824Z TR-13 (R).
 - e) *Industrial*: 076X TR-244 dan 517Z JS-2.
 - f) *Truck bus bias*: 803Y TR-78A dan 804X TR-77A.
3. Produk *flap*.

4.1.1.7 Waktu Kerja

Pembagian waktu kerja pada hari efektif yaitu Senin–Jumat untuk karyawan di PT BSIN adalah sebagai berikut:

1. *Non Shift*:
 - a. Waktu Kerja : 08.00 – 16.45 WIB
 - b. Waktu Istirahat : 12.00 – 13.00 WIB
2. *Sistem Shift*:

Tabel 4.2 Waktu Kerja Sistem *Shift*

<i>Shift</i>	Waktu Kerja	Waktu Istirahat
I	08.00 – 16.10 WIB	11.45 – 12.45 WIB
II	16.00 – 00.10 WIB	19.45 – 20.45 WIB
III	00.00 – 08.10 WIB	03.45 – 04.45 WIB

(Sumber: PT BSIN, 2015)

4.1.1.8 Sistem Penggajian

Besar gaji atau upah yang diberikan perusahaan kepada tenaga kerjanya disesuaikan dengan jabatan masing-masing dan standar gaji di wilayah Bekasi. Pemberian gaji dilakukan setiap bulan. Adapun tunjangan-tunjangan yang diperoleh para karyawan diantaranya adalah:

1. Tunjangan pangkat dan jabatan
2. Tunjangan keluarga
3. Makan

4. Transport
5. Tunjangan *carbon* (bagi pekerja yang bekerja di area *carbon*)
6. Tunjangan *shift* (bagi pekerja *shift* II dan III)
7. Tunjangan *extra fooding* (bagi pekerja *shift* III)
8. Jaminan kesehatan
9. Jaminan sosial
10. Bonus

4.1.2 Produk *Tube* 811X TR-177A

Tube (ban dalam) adalah salah satu perangkat dalam kendaraan bermotor yang berfungsi untuk menampung dan menahan tekanan udara guna membentuk serta mempertahankan profil *tire* (ban luar) agar tetap sempurna. *Tube* 811X TR-177A adalah salah satu produk yang rutin diproduksi oleh perusahaan. Berdasarkan data produksi khususnya periode April 2014–Maret 2015 yang tersaji pada lampiran A, diketahui sebanyak 2.058.298 unit *tube* dihasilkan dengan 715.044 unit diantaranya adalah *tube* tipe 811X TR-177A atau sekitar 35% dari total produksi. Oleh karena itu, penelitian akan difokuskan pada produk *tube* tipe 811X TR-177A. Adapun spesifikasi dari *tube* 811X adalah LT 7,00/7,50-16". LT merupakan singkatan dari *light truck* yang artinya *tube* tipe ini digunakan pada jenis kendaraan *light truck*, 7,00/7,50 menunjukkan ukuran lebar penampang ban dalam satuan inci, dan 16" merupakan ukuran diameter velg dalam satuan inci. Produk *tube* 811X dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Produk *Tube* 811X TR-177A

(Sumber: PT BSIN, 2015)

4.1.3 Proses Produksi *Tube*

Proses produksi *tube* di PT BSIN terdiri atas tiga proses utama, yaitu proses *extruding*, *splicing*, dan *curing*. Berikut adalah penjabarannya.

1. Proses *Extruding*

Proses *extruding* merupakan proses pertama dalam pembuatan *tube*. Hasil dari proses *extruding* disebut dengan *green tube* (GT). Rangkaian proses *extruding* adalah sebagai berikut:

1.1 *Warming-up Roll*

Pada subproses *warming-up roll* dilakukan pelunakan pada *compound* hasil proses *banburry* melalui penyaluran panas dengan suhu $\pm 80^{\circ}$ tujuannya adalah agar *compound* mudah digulung. Kemudian dilakukan *semifinishing roll*, dan terakhir *finishing roll*. Seluruh aktivitas dilakukan di mesin *warming-up roll*. Hasil dari subproses ini adalah gulungan *compound*.

1.2 *Strainer*

Pada subproses ini gulungan *compound* hasil *warming-up roll* akan disaring dengan menggunakan mesin *straining* tujuannya adalah agar *compound* bebas dari material asing.

1.3 *Extruder*

Pada subproses ini *compound* akan diekstrusi di mesin *extruder* untuk membentuk konstruksi tebal dan lebar *tube* dengan menggunakan cetakan yang ditempatkan di ujung mesin.

1.4 *Blue line*

Pada subproses ini bagian luar GT diberi *blue line* menggunakan *blue cement* yang berfungsi sebagai identifikasi *size*. Selanjutnya GT didinginkan di bak *cooling water* yang berisi air bersuhu 16°–18°.

1.5 *Printing*

Printing adalah tahap pemberian kode *pattern tube* pada GT dengan menggunakan *yellow cement* dan *plat size*. *Letter* pada *plat size* akan disesuaikan dengan spesifikasi *tube*.

1.6 *Cutting*

Pada subproses ini GT akan dipotong secara otomatis oleh mesin sesuai dengan hasil *setting* ukuran panjang diawal proses.

1.7 *Punching*

Pada subproses ini GT bagian atas akan dilubangi secara otomatis oleh alat yang disebut *puncher*.

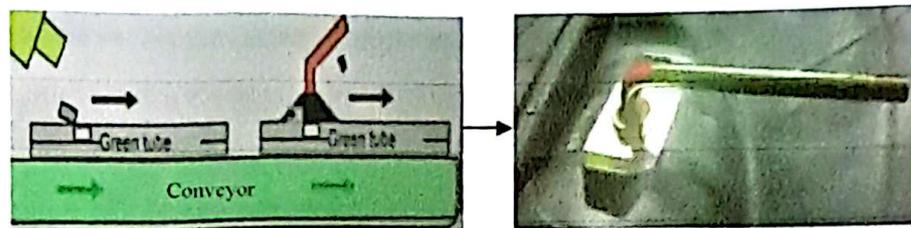


Gambar 4.5 Mesin *Auto-punching*

(Sumber: PT BSIN, 2015)

1.8 *Auto valve*

Pada subproses ini *valve* akan dipasangkan pada lubang hasil *punching*. Sebelumnya *valve* telah melalui *cementing* pada bagian *rubber valve* yang akan ditempelkan ke GT.



Gambar 4.6 Ilustrasi Proses *Auto valve*

(Sumber: PT BSIN, 2015)

1.9 *Talcing*

Pada subproses ini seluruh bagian luar GT akan ditaburi *talca* oleh mesin *blower* untuk mencegah GT menempel satu sama lain saat diletakkan di daisha.

1.10 *Booking*

Tahap terakhir dalam proses *extruding* ini bertujuan untuk memindahkan GT ke daisha sekaligus dilakukan pengecekan dimensi GT oleh operator secara *sampling*.

2. Proses *Splicing*

Pada proses *splicing* dilakukan penyambungan (*joint*) kedua ujung GT dengan menggunakan mesin *splicing*. Mekanisme proses dimulai dengan meletakkan GT pada *die splicing*, kemudian GT dijepit, selanjutnya kedua ujung GT diratakan dengan cara dipotong oleh pisau panas dan dengan segera kedua ujung ditempelkan (*joint splicing*). GT hasil *joint* selanjutnya dipindahkan (*booking*) ke daisha sekaligus dilakukan pengecekan pada area *joint* dengan mengambil *sample* pada daisha 1, 3, 5, 9.

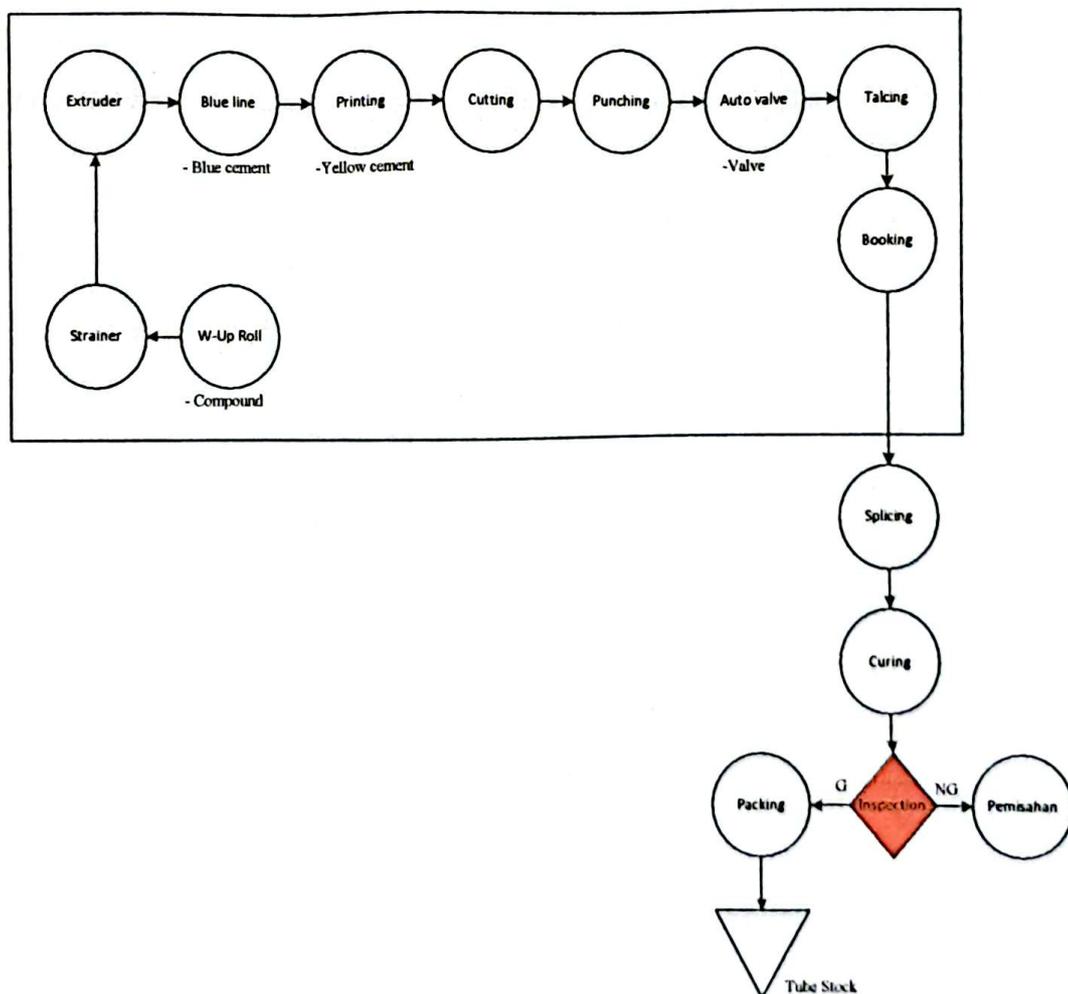
3. Proses *Curing*

Pada proses *curing* dilakukan vulkanisasi pada GT dengan menggunakan mesin *curing*. Proses ini membutuhkan panas dengan suhu $\pm 180^{\circ}$ dan sejumlah tekanan *steam* yang sangat tinggi dengan waktu yang telah ditentukan sesuai *size tube*. Hasil dari proses *curing* adalah *final tube*.

4. *Inspection*

Tube diperiksa secara visual untuk memastikan produk sesuai spesifikasi. Proses ini tidak menggunakan mesin, jadi ketelitian operator sangat dibutuhkan. Bagian *tube* yang harus diperiksa oleh operator adalah bagian luar, bagian sambungan, dan area *valve*. Apabila ditemukan *tube* yang cacat maka akan segera dipisahkan untuk dilakukan *judgment* apakah *tube* masuk kategori *rework* atau *scrap*.

Berikut adalah gambaran aliran proses produksi *tube* seperti yang terlihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Flow Process Chart*

(Sumber: PT BSIN, 2015)

4.1.4 Data Jenis dan Jumlah Cacat Tube 811X

Jumlah cacat *tube* 811X yang sering melewati batas toleransi yang ditetapkan perusahaan, yakni sebesar 1% dari total produksi menjadi masalah bagi perusahaan, karena *tube* tersebut harus mengalami pengerjaan ulang (*rework*) untuk mencapai spesifikasi yang telah ditetapkan, dan tidak jarang *tube* berakhir sebagai *scrap* karena cacat yang tidak tertoleransi. Hal tersebut merugikan perusahaan karena timbul biaya *rework* dan kerugian karena produk hanya berakhir sebagai limbah. Berdasarkan data jumlah cacat *tube* 811X selama periode April 2014–Maret 2015 yang tersaji pada lampiran B, diketahui terdapat sebanyak 17.934 unit cacat dari total produksi sebanyak 715.044 unit atau sekitar 2,51%. Persentase cacat tersebut didapat dari proses *extruding* sebesar 1,05%, proses *splicing* sebesar 1,32%, dan proses *curing* sebesar 0,14%. Selanjutnya, dihimpun data jenis dan jumlah cacat *tube* 811X selama periode April 2014–Maret 2015 yang diperoleh dari seksi QA dan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Data Jenis dan Jumlah Cacat Tube 811X Periode April 2014–Maret 2015

No.	Sumber	Jenis Cacat	Jumlah (unit)	Keterangan
1.	Proses Extruding	<i>Foreign Material Inside (FMIS)</i>	2.285	Cacat akibat adanya material asing pada sisi dalam <i>tube</i>
2.		<i>Defect Printing Lettering (DPL)</i>	1.584	Cacat akibat hasil <i>printing lettering</i> NG
3.		<i>Foreign Material Outside (FMOS) rubber punching</i>	1.233	Cacat akibat adanya sisa <i>rubber</i> pada sisi luar <i>tube</i>
4.		<i>Blister Under Valve (BUV)</i>	1.240	Cacat akibat terperangkapnya udara pada area bawah <i>valve</i>
5.		<i>Foreign Material Inside (FMIS) talc</i>	673	Cacat akibat adanya gumpalan <i>talc</i> pada sisi dalam <i>tube</i>
6.		<i>Scorch</i>	275	Cacat akibat <i>compound</i> matang lebih dahulu
7.		<i>Valve Hole Block (VHB)</i>	218	Cacat akibat lubang area <i>valve</i> NG

Tabel 4.3 Data Jenis dan Jumlah Cacat *Tube* 811X Periode April 2014–
Maret 2015 (lanjutan...)

No.	Sumber	Jenis Cacat	Jumlah (unit)	Keterangan
8.	Proses Splicing	<i>Folded Trail (FDT)</i>	3.641	Cacat akibat sebagian <i>body tube</i> lebih tipis karena lipatan GT tidak radius
9.		<i>Defective Splice Side Gauge (DSSG)</i>	4.212	Cacat akibat <i>tube gauge area side splice</i> lebih tipis karena tergecet <i>splice die</i>
10.		<i>Open Tube Splice (OTS)</i>	651	Cacat akibat ujung <i>hamidashi splice</i> masuk di antara <i>splice</i> dan menimbulkan <i>open splice</i> pada area tersebut
11.		<i>Flow Crack Splice</i>	913	Cacat akibat adanya alur kerutan pada permukaan <i>tube</i> di bagian <i>splice</i>
12.	Proses Curing	<i>Lateral Flow Crack</i>	240	Cacat akibat adanya alur kerutan pada permukaan <i>tube</i> yang timbul pada arah <i>sectional tube/lateral</i>
13.		<i>Radial Flow Crack</i>	257	Cacat akibat adanya alur kerutan pada permukaan <i>tube</i> yang timbul pada arah <i>circumferential tube/radial</i>
14.		<i>Over Size</i>	306	Cacat akibat ukuran <i>tube</i> lebih besar dari ketentuan
15.		<i>Pinch</i>	206	Cacat akibat sebagian <i>body tube</i> lebih tipis karena terjepit <i>die</i>
Total			17.934	

(Sumber: PT BSIN, 2015)

Tabel 4.3 di atas memuat data mengenai jenis dan jumlah cacat *tube* 811X pada proses produksi *tube* 811X secara global. Sedangkan uraian mengenai data di atas tersaji pada lampiran C.

4.2 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah sesuai dengan metode yang telah ditentukan. Hasil pengolahan data yang dilakukan diuraikan pada paragraf-paragraf selanjutnya.

4.2.1 Menentukan Masalah Dominan

Langkah awal dimulai dengan menentukan masalah dominan dengan menggunakan diagram pareto. Pembuatan diagram pareto dilakukan pada jenis cacat *tube* 811X untuk menentukan jenis cacat yang paling dominan terjadi. Data pada Tabel 4.3 disusun mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil (*descending*). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Jenis dan Jumlah Cacat *Tube* 811X Periode April 2014–Maret 2015 Setelah Diurutkan

No.	Sumber	Jenis Cacat	Jumlah (unit)
1.	Proses <i>Splicing</i>	DSSG	4.212
2.	Proses <i>Splicing</i>	FDT	3.641
3.	Proses <i>Extruding</i>	FMIS	2.285
4.	Proses <i>Extruding</i>	DPL	1.584
5.	Proses <i>Extruding</i>	BUV	1.240
6.	Proses <i>Extruding</i>	FMOS <i>rubber punching</i>	1.233
7.	Proses <i>Splicing</i>	<i>Flow Crack Splice</i>	913
8.	Proses <i>Extruding</i>	FMIS <i>talc</i>	673
9.	Proses <i>Splicing</i>	OTS	651
10.	Proses <i>Curing</i>	<i>Over Size</i>	306
11.	Proses <i>Extruding</i>	<i>Scorch</i>	275
12.	Proses <i>Curing</i>	<i>Radial Flow Crack</i>	257
13.	Proses <i>Curing</i>	<i>Lateral Flow Crack</i>	240
14.	Proses <i>Extruding</i>	VHB	218
15.	Proses <i>Curing</i>	<i>Pinch</i>	206
Total			17.934

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Kemudian dihitung persentase tiap jenis cacat dan persentase kumulatifnya. Persentase tiap jenis cacat *tube* 811X dihitung dengan mengikuti persamaan berikut:

$$\% = \frac{\text{jumlah tiap jenis cacat}}{\text{total jumlah cacat}} \times 100\%$$

Misal untuk jenis cacat DSSG, persentasenya dihitung seperti berikut:

$$\% = \frac{4.212}{17.934} \times 100\% = 23,5\%$$

Jenis cacat lain juga dihitung dengan cara yang sama. Sedangkan untuk persentase kumulatif tiap jenis cacat dihitung mengikuti persamaan berikut:

$$\% \text{ Kumulatif} = \% \text{ Kumulatif}_{n-1} + \% \text{ Jenis Cacat ke-n}$$

Misal untuk jenis cacat DSSG, persentase kumulatif dihitung seperti berikut:

$$\% \text{ Kumulatif} = 0 + 23,5\% = 23,5\%$$

Lakukan cara yang sama pada jenis cacat yang lain. Langkah perhitungan untuk jenis cacat lain dapat dilihat pada lampiran D. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

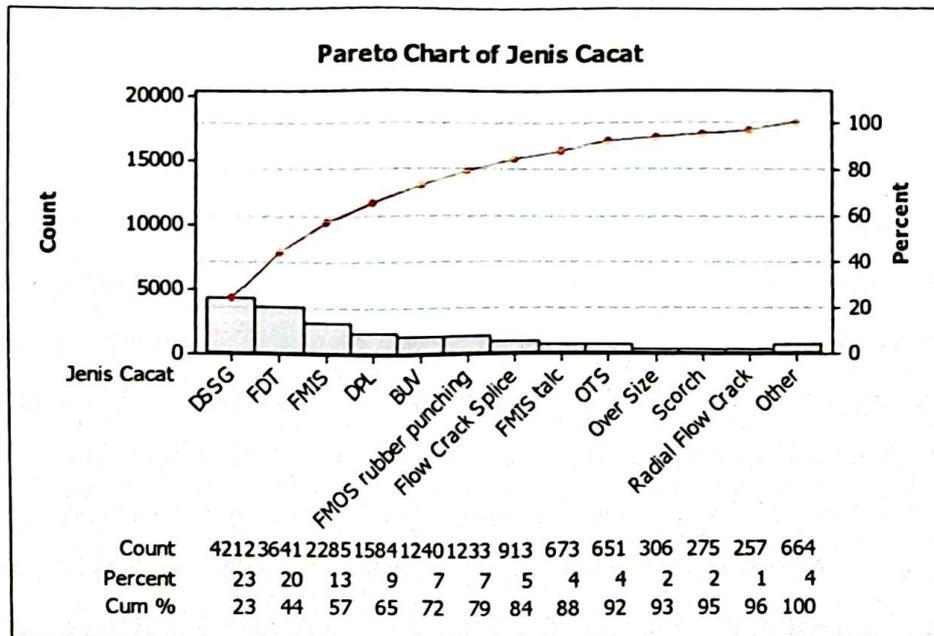
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Persentase dan Persentase Kumulatif Tiap Jenis Cacat Tube 811X

No.	Sumber	Jenis Cacat	Jumlah (unit)	%	% Kumulatif
1.	Proses <i>Splicing</i>	DSSG	4.212	23,5	23,5
2.	Proses <i>Splicing</i>	FDT	3.641	20,3	43,8
3.	Proses <i>Extruding</i>	FMIS	2.285	12,7	56,5
4.	Proses <i>Extruding</i>	DPL	1.584	8,8	65,4
5.	Proses <i>Extruding</i>	BUV	1.240	6,9	72,3
6.	Proses <i>Extruding</i>	FMOS <i>rubber punching</i>	1.233	6,9	79,2
7.	Proses <i>Splicing</i>	<i>Flow Crack Splice</i>	913	5,1	84,2
8.	Proses <i>Extruding</i>	FMIS <i>talc</i>	673	3,8	88,0
9.	Proses <i>Splicing</i>	OTS	651	3,6	91,6
10.	Proses <i>Curing</i>	<i>Over Size</i>	306	1,7	93,3
11.	Proses <i>Extruding</i>	<i>Scorch</i>	275	1,5	94,9
12.	Proses <i>Curing</i>	<i>Radial Crack Flow</i>	257	1,4	96,3
13.	Proses <i>Curing</i>	<i>Lateral Crack Flow</i>	240	1,3	97,6
14.	Proses <i>Extruding</i>	VHB	218	1,2	98,9
15.	Proses <i>Curing</i>	<i>Pinch</i>	206	1,1	100,0
Total			17.934	100,0	

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Dengan menggunakan *software Minitab* hasil perhitungan di atas dapat dibuat dalam bentuk diagram pareto yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Langkah-langkah pembuatan diagram pareto dengan menggunakan *software Minitab* dapat dilihat pada BAB II.



Gambar 4.8 *Pareto Chart* Berdasarkan Jenis Cacat *Tube 811X*

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Gambar diagram pareto di atas memuat informasi bahwa jenis cacat yang paling dominan adalah DSSG, FDT, FMIS, DPL, BUV, dan FMOS *rubber punching*, karena dari keenam jenis cacat tersebut dihasilkan persentase kumulatif sebesar 79%. Sesuai dengan aturan 80/20 dalam diagram pareto yang menyatakan 80% masalah disebabkan oleh 20% penyebab, maka pembahasan akan difokuskan pada keenam jenis cacat ini.

Setelah diketahui jenis cacat yang paling dominan adalah DSSG, FDT, FMIS, DPL, BUV, dan FMOS *rubber punching*, langkah selanjutnya adalah melakukan *brainstorming* dengan pihak seksi QA. Tujuan dilakukannya *brainstorming* adalah untuk menelusuri kegagalan potensial yang mengakibatkan jenis-jenis cacat tersebut, penyebab terjadinya kegagalan, serta langkah perusahaan saat ini dalam mendeteksi kegagalan. Pihak seksi QA yang terlibat dalam *brainstorming* yaitu, Bapak Bambang selaku manajer seksi QA dengan pengalaman kerja selama 17 tahun, Bapak Harry selaku *chief* seksi QA dengan

pengalaman kerja selama 16 tahun, serta Bapak Hadi dan Bapak Deni selaku staf ahli *tube* seksi QA masing-masing dengan pengalaman kerja selama 15 dan 9 tahun. Tahapan dan hasil kegiatan *brainstorming* akan dijelaskan pada poin selanjutnya saat penerapan metode FMEA.

4.2.2 Pengolahan Data dengan Metode FMEA

Metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA) melakukan perhitungan dengan mengintegrasikan faktor dari FMEA yaitu *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, *severity*, dengan *expected cost* (Hetharia, 2009). Langkah awal dalam metode MAFMA adalah mengolah data menggunakan metode FMEA. Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan potensial yang mengakibatkan keenam jenis cacat dominan dari hasil diagram pareto, termasuk menelusuri penyebab potensial dan kendali yang dilakukan saat ini. Pengolahan data dilakukan melalui *brainstorming* dengan personil seksi QA, yaitu manajer seksi QA, *chief* seksi QA, serta dua orang staf ahli *tube* seksi QA, yang merupakan informan inti untuk produk *tube*. Langkah-langkah pengolahan dengan metode FMEA diuraikan pada paragraf selanjutnya.

4.2.2.1 Identifikasi Jenis Kegagalan Potensial

Jenis kegagalan potensial adalah suatu keadaan dimana proses dapat berpotensi gagal memenuhi persyaratan proses atau desain. Jenis kegagalan potensial dapat berupa penyebab terhadap kegagalan potensial pada proses berikutnya atau efek dari kegagalan pada proses sebelumnya. Jenis kegagalan potensial yang terjadi sehingga mengakibatkan keenam jenis cacat dominan seperti hasil diagram pareto yang diperoleh melalui *brainstorming* dengan manajer seksi QA, *chief* seksi QA, dan dua orang staf ahli *tube* seksi QA adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Identifikasi Jenis Kegagalan Potensial

No.	Proses	Persyaratan	Jenis Kegagalan Potensial
1.	<i>Extruding (Strainer)</i>	<i>Green tube (GT)</i> bebas material asing	Saringan Mesh 40-10 rusak
2.	<i>Extruding (Printing)</i>	Hasil <i>printing lettering</i> OK	<i>Rubber lettering</i> rusak
3.	<i>Extruding (Auto punching)</i>	Area <i>punching</i> OK	<i>Vacuum</i> tersumbat
4.	<i>Extruding (Auto valve)</i>	<i>Valve</i> terpasang tepat di area <i>punching</i>	<i>Rubber jig tool</i> aus
5.	<i>Splicing</i>	Area <i>joint</i> OK	<i>Press clamp error</i>
6.	<i>Splicing (Booking)</i>	Area lipatan OK	Lipatan tidak radius

(Sumber: Hasil *Brainstorming*, 2015)

Pada proses *extruding (strainer)* dengan persyaratan GT bebas material asing terdapat jenis kegagalan saringan mesh 40-10 rusak. Saringan mesh 40-10 merupakan saringan yang dipasang pada mesin *straining* untuk menyaring material asing, seperti gumpalan *rubber* pada *compound*. Saringan mesh 10 adalah saringan dengan 10 lubang dalam satu inci persegi, sedang saringan mesh 40 adalah saringan dengan 40 lubang dalam satu inci persegi. Saringan tersebut terbuat dari baja. Jika saringan tersebut rusak, yaitu robek maka material asing tersebut tidak akan tersaring yang artinya proses gagal memenuhi persyaratan. Demikian juga dengan proses lainnya, jika kegagalan-kegagalan tersebut terjadi maka proses dapat dikatakan tidak memenuhi persyaratan dan dapat menimbulkan efek berupa cacat pada produk.

4.2.2.2 Identifikasi Efek Kegagalan Potensial

Efek kegagalan potensial adalah efek dari jenis kegagalan yang dapat berpengaruh terhadap proses berikutnya atau pelanggan. Identifikasi efek kegagalan potensial akan memudahkan dalam pemberian nilai *severity*. Efek kegagalan potensial untuk setiap jenis kegagalan potensial yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Identifikasi Efek Kegagalan Potensial

No.	Proses	Persyaratan	Jenis Kegagalan Potensial	Efek Kegagalan Potensial
1.	<i>Extruding (Strainer)</i>	<i>Green tube (GT)</i> bebas material asing	Saringan Mesh 40-10 rusak	FMIS
2.	<i>Extruding (Printing)</i>	Hasil <i>printing lettering</i> OK	<i>Rubber lettering</i> rusak	DPL
3.	<i>Extruding (Auto punching)</i>	<i>Area punching</i> OK	<i>Vacuum</i> tersumbat	FMOS <i>rubber punching</i>
4.	<i>Extruding (Auto valve)</i>	<i>Valve</i> terpasang tepat di <i>area punching</i>	<i>Rubber jig tool</i> aus	BUV
5.	<i>Splicing</i>	<i>Area joint</i> OK	<i>Press clamp error</i>	DSSG
6.	<i>Splicing (Booking)</i>	<i>Area lipatan</i> OK	Lipatan tidak radius	FDT

(Sumber: Hasil *Brainstorming*, 2015)

Pada proses *extruding (strainer)* dengan jenis kegagalan saringan mesh 40-10 rusak dapat menimbulkan efek FMIS. FMIS atau *Foreign Material Inside* adalah salah satu jenis cacat pada *tube 811X* yang dominan terjadi berdasarkan hasil diagram pareto. FMIS terjadi karena ada material asing pada *tube* yang disebabkan oleh saringan mesh 40-10 rusak, sehingga tidak dapat menyaring material asing dengan sempurna. Demikian juga dengan proses lainnya, jika kegagalan pada proses tersebut terjadi maka dapat menimbulkan efek berupa cacat pada *tube 811X*. Dalam hal ini efek yang dimaksud adalah enam jenis cacat yang paling dominan sesuai hasil diagram pareto, yaitu FMIS, DPL, FMOS *rubber punching*, BUV, DSSG, dan FDT.

4.2.2.3 Menentukan Nilai *Severity*

Nilai *severity* ditentukan setelah mengidentifikasi efek kegagalan potensial pada setiap proses. *Severity* adalah pernyataan mengenai keseriusan efek dengan tingkat keparahan dari skala 1 sampai 10. Untuk menentukan nilai *severity* pada setiap efek kegagalan yang telah teridentifikasi digunakan Tabel 2.1 yang merupakan tabel kriteria *severity* yang diadopsi perusahaan dalam melakukan proses FMEA. Hasil *brainstorming* dengan manajer seksi QA, *chief* seksi QA, dan

dua orang staf ahli *tube* seksi QA untuk nilai *severity* setiap efek kegagalan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Penentuan Nilai *Severity*

No.	Proses	Persyaratan	Efek Kegagalan Potensial	<i>Severity</i> (S)
1.	<i>Extruding (Strainer)</i>	<i>Green tube</i> (GT) bebas material asing	FMIS	5
2.	<i>Extruding (Printing)</i>	Hasil <i>printing lettering</i> OK	DPL	3
3.	<i>Extruding (Auto punching)</i>	Area <i>punching</i> OK	FMOS <i>rubber punching</i>	5
4.	<i>Extruding (Auto valve)</i>	<i>Valve</i> terpasang tepat di area <i>punching</i>	BUV	8
5.	<i>Splicing</i>	Area <i>joint</i> OK	DSSG	5
6.	<i>Splicing (Booking)</i>	Area lipatan OK	FDT	5

(Sumber: Hasil *Brainstorming*, 2015)

Efek kegagalan potensial berupa *Defect Printing Lettering* (DPL) memiliki nilai *severity* 3 karena memiliki kriteria keseriusan efek yaitu sebagian produk harus dikerjakan ulang (*rework*) dan ketidaksesuaian diperhatikan sebagian pelanggan. Efek kegagalan potensial berupa *Foreign Material Inside* (FMIS), *Foreign Material Outside* (FMOS) *rubber punching*, *Defective Splice Side Gauge* (DSSG), dan *Folded Trail* (FDT) memiliki nilai *severity* 5 karena memiliki kriteria keseriusan efek yaitu 100% produk harus dikerjakan ulang (*rework*). Efek kegagalan potensial berupa *Blister Under Valve* (BUV) memiliki nilai *severity* 8 karena memiliki kriteria keseriusan efek yaitu 100% produk harus dibuang (*scrap*) dan produk kehilangan fungsi utamanya.

4.2.2.4 Identifikasi Penyebab Kegagalan Potensial

Penyebab kegagalan akan menentukan nilai *occurrence*. Penyebab dari setiap kegagalan potensial ditelusuri dengan menggunakan *tools five whys*. Dengan demikian, diharapkan akan diperoleh akar penyebab masalah yang sesungguhnya. Hasil penggunaan *five whys* untuk menemukan akar penyebab masalah pada tiap proses yang diidentifikasi disajikan secara terlampir pada

lampiran E. Hasil *brainstorming* dengan manajer seksi QA, *chief* seksi QA, dan dua orang staf ahli *tube* seksi QA mengenai penyebab kegagalan potensial pada setiap proses yang diidentifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Identifikasi Penyebab Kegagalan Potensial

No.	Proses	Persyaratan	Jenis Kegagalan Potensial	Penyebab Kegagalan Potensial
1.	<i>Extruding (Strainer)</i>	<i>Green tube (GT) bebas material asing</i>	Saringan Mesh 40-10 rusak	<i>Over pressing</i>
2.	<i>Extruding (Printing)</i>	Hasil <i>printing lettering</i> OK	<i>Rubber lettering</i> rusak	Belum ada jadwal penggantian <i>rubber lettering</i> sehingga <i>rubber lettering</i> diganti ketika sudah rusak
3.	<i>Extruding (Auto punching)</i>	Area <i>punching</i> OK	<i>Vacuum</i> tersumbat	Mesin <i>vacuum</i> abnormal
4.	<i>Extruding (Auto valve)</i>	<i>Valve</i> terpasang tepat di area <i>punching</i>	<i>Rubber jig tool</i> aus	Jadwal penggantian <i>rubber jig tool</i> kurang efektif
5.	<i>Splicing</i>	Area <i>joint</i> OK	<i>Press clamp error</i>	<i>Seal piston</i> aus
6.	<i>Splicing (Booking)</i>	Area lipatan OK	Lipatan tidak radius	Tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan <i>green tube</i> radius

(Sumber: Hasil *Brainstorming*, 2015)

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa penyebab dari jenis kegagalan saringan mesh 40-10 rusak pada proses *extruding (strainer)* adalah *over pressing*. Melalui bertanya mengapa saringan mesh 40-10 rusak diperoleh jawaban sebab ada gumpalan material asing yang menerobos masuk. Kemudian dilanjutkan dengan bertanya mengapa gumpalan material asing menerobos masuk diperoleh jawaban sebab *over pressing*, yaitu kondisi dimana tekanan udara yang diberikan berlebih sehingga gumpalan material asing tersebut merobek saringan. Setelah diperoleh akar penyebab maka tidak lagi dilakukan bertanya mengapa. Cara yang sama dilakukan juga pada proses lainnya, hingga diperoleh akar penyebab kegagalan.

4.2.2.5 Menentukan Nilai *Occurrence*

Occurrence adalah tingkat keseringan terjadinya penyebab kegagalan potensial yang dimulai dari skala 1 sampai 10. Skala 1 menunjukkan tingkat kemungkinan penyebab kegagalan terjadi sangat kecil, sedangkan skala 10 menunjukkan tingkat kemungkinan penyebab kegagalan terjadi sangat tinggi. Untuk menentukan nilai *occurrence* pada setiap penyebab kegagalan digunakan Tabel 2.2 yang merupakan tabel kriteria *occurrence* yang diadopsi perusahaan dalam melakukan proses FMEA. Melalui *brainstorming* dengan manajer seksi QA, *chief* seksi QA, dan dua orang staf ahli *tube* seksi QA maka diperoleh nilai *occurrence* untuk setiap penyebab kegagalan potensial adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Penentuan Nilai *Occurrence*

No.	Proses	Persyaratan	Penyebab Kegagalan Potensial	<i>Occurrence</i> (O)
1.	<i>Extruding</i> (<i>Strainer</i>)	<i>Green tube</i> (GT) bebas material asing	<i>Over pressing</i>	5
2.	<i>Extruding</i> (<i>Printing</i>)	Hasil <i>printing lettering</i> OK	Belum ada jadwal penggantian <i>rubber lettering</i> sehingga <i>rubber lettering</i> diganti ketika sudah rusak	5
3.	<i>Extruding</i> (<i>Auto punching</i>)	Area <i>punching</i> OK	Mesin <i>vacuum</i> abnormal	4
4.	<i>Extruding</i> (<i>Auto valve</i>)	<i>Valve</i> terpasang tepat di area <i>punching</i>	Jadwal penggantian <i>rubber jig tool</i> kurang efektif	3
5.	<i>Splicing</i>	Area <i>joint</i> OK	<i>Seal piston</i> aus	5
6.	<i>Splicing</i> (<i>Booking</i>)	Area lipatan OK	Tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan <i>green tube</i> radius	5

(Sumber: Hasil *Brainstorming*, 2015)

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa penyebab kegagalan berupa *over pressing*, belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika sudah rusak, *seal piston* aus, dan tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube* radius memiliki nilai *occurrence* 5. Hal ini

dikarenakan penyebab kegagalan tersebut memiliki tingkat keterjadian sedang dengan kemungkinan kegagalan 1 dalam 400 unit yang dihasilkan. Penyebab kegagalan mesin *vacuum* abnormal memiliki nilai *occurrence* 4 karena tingkat keterjadiannya sedang dengan kemungkinan kegagalan 1 dalam 2.000 unit yang dihasilkan. Sedangkan penyebab kegagalan jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif memiliki nilai *occurrence* 3 karena tingkat keterjadiannya rendah dengan kemungkinan kegagalan 1 dalam 15.000 unit yang dihasilkan.

4.2.2.6 Identifikasi Kendali Saat Ini

Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi kendali yang dilakukan saat ini dalam mencegah atau mendeteksi terjadinya kegagalan ataupun penyebab kegagalan. Hasil identifikasi ini memudahkan dalam pemberian nilai *detection*. Hasil *brainstorming* dengan manajer seksi QA, *chief* seksi QA, dan dua orang staf ahli *tube* seksi QA mengenai kendali saat ini dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Identifikasi Kendali Saat Ini

No.	Proses	Persyaratan	Penyebab Kegagalan Potensial	Kendali Saat Ini
1.	<i>Extruding (Strainer)</i>	<i>Green tube</i> (GT) bebas material asing	<i>Over pressing</i>	Cek ampere motor dinamo
2.	<i>Extruding (Printing)</i>	Hasil <i>printing lettering</i> OK	Belum ada jadwal penggantian <i>rubber lettering</i> sehingga <i>rubber lettering</i> diganti ketika sudah rusak	Gendo mihon
3.	<i>Extruding (Auto punching)</i>	Area <i>punching</i> OK	Mesin <i>vacuum</i> abnormal	Cek <i>vacuum gauge</i>
4.	<i>Extruding (Auto valve)</i>	<i>Valve</i> terpasang tepat di area <i>punching</i>	Jadwal penggantian <i>rubber jig tool</i> kurang efektif	Cek visual
5.	<i>Splicing</i>	Area <i>joint</i> OK	<i>Seal piston</i> aus	Cek visual
6.	<i>Splicing (Booking)</i>	Area lipatan OK	Tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan <i>green tube</i> radius	Ubah posisi <i>green tube</i> secara berkala

(Sumber: Hasil *Brainstorming*, 2015)

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa kendali yang dilakukan saat ini pada proses *extruding (strainer)* berupa kegiatan cek ampere motor dinamo, yaitu mengecek kondisi ampere untuk memastikan tekanan dalam keadaan normal. Pengecekan dilakukan setiap pergantian *shift* dan setelah istirahat. Pada proses *extruding (printing)* kendali saat ini adalah gendo mihon. Gendo mihon adalah kegiatan pengecekan kesesuaian *size printing lettering* dengan melihat papan petunjuk *lettering* untuk memastikan kondisi *rubber lettering* sesuai *size* yang dilakukan saat memulai pekerjaan. Pada proses *extruding (auto punching)* kendali saat ini adalah cek *vacuum gauge*, yaitu memeriksa kondisi *vacuum*. Pada proses *extruding (auto valve)* kendali saat ini adalah cek visual, yaitu memeriksa kondisi bantalan *jig tool*. Pada proses *splicing* kendali saat ini adalah cek visual, yaitu memeriksa kondisi *seal piston* apakah masih dalam kondisi baik atau sudah aus. Sedangkan pada proses *splicing (booking)* kendali yang dilakukan saat ini berupa tindakan antisipasi untuk mencegah kegagalan dengan cara mengubah posisi *green tube* yang ada di daisha secara berkala.

4.2.2.7 Menentukan Nilai *Detection*

Detection adalah penilaian terhadap kemungkinan kendali/alat dapat mendeteksi kegagalan yang dimulai dari skala 1 sampai 10. Skala 1 menunjukkan bahwa kendali yang tersedia hampir pasti dapat mendeteksi kegagalan, sementara skala 10 menunjukkan bahwa kendali yang tersedia hampir tidak mungkin dapat mendeteksi kegagalan. Untuk menentukan nilai *detection* pada setiap kendali yang ada saat ini digunakan Tabel 2.3 yang merupakan tabel kriteria *detection* yang diadopsi perusahaan dalam melakukan proses FMEA. Melalui *brainstorming* dengan manajer seksi QA, *chief* seksi QA, dan dua orang staf ahli *tube* seksi QA maka diketahui nilai *detection* untuk setiap kendali saat ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Penentuan Nilai *Detection*

No.	Proses	Persyaratan	Penyebab Kegagalan Potensial	Kendali Saat Ini	<i>Detection</i> (D)
1.	<i>Extruding (Strainer)</i>	GT bebas <i>foreign material</i>	<i>Over pressing</i>	Cek ampere motor dinamo	4
2.	<i>Extruding (Printing)</i>	Hasil <i>printing lettering</i> OK	Belum ada jadwal penggantian <i>rubber lettering</i> sehingga <i>rubber lettering</i> diganti ketika sudah rusak	Gendo mihon	4
3.	<i>Extruding (Auto punching)</i>	Area <i>punching</i> OK	Mesin <i>vacuum</i> abnormal	Cek <i>vacuum gauge</i>	5
4.	<i>Extruding (Auto valve)</i>	<i>Valve</i> terpasang tepat di area <i>punching</i>	Jadwal penggantian <i>rubber jig tool</i> kurang efektif	Cek visual	5
5.	<i>Splicing</i>	Area <i>joint</i> OK	<i>Seal piston</i> aus	Cek visual	5
6.	<i>Splicing (Booking)</i>	Area lipatan OK	Tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan <i>green tube</i> radius	Ubah posisi <i>green tube</i> secara berkala	6

(Sumber: Hasil *Brainstorming*, 2015)

Tabel 4.12 menginformasikan bahwa kendali saat ini berupa cek ampere dinamo motor dan kendali gendo mihon mempunyai nilai *detection* 4 karena memiliki kriteria bahwa kemungkinan kendali yang ada untuk mendeteksi kegagalan cukup tinggi. Kendali saat ini berupa cek *vacuum gauge* pada proses *extruding (auto punching)* dan cek visual pada proses *extruding (auto valve)* dan *splicing* mempunyai nilai *detection* 5 karena memiliki kriteria bahwa sedang kemungkinan kendali yang ada untuk mendeteksi kegagalan. Sedangkan untuk kendali saat ini berupa mengubah posisi *green tube* secara berkala mempunyai nilai *detection* 6 karena memiliki kriteria bahwa rendah kemungkinan kendali yang ada untuk mendeteksi kegagalan.

4.2.2.8 Menghitung Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah diperoleh nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai RPN. Nilai RPN berkisar dari 1 sampai 1.000. Nilai 1 untuk menyatakan risiko kegagalan sangat rendah dan nilai 1.000 untuk menyatakan risiko kegagalan sangat tinggi. Untuk menghitung nilai RPN digunakan persamaan (2.1). Misal pada jenis kegagalan potensial saringan mesh 40-10 rusak dengan efek kegagalan potensial yaitu FMIS yang memiliki nilai *severity* 5, dengan penyebab kegagalan potensialnya yaitu *over pressing* yang memiliki nilai *occurrence* 5, dan kendali saat ini berupa cek ampere motor dinamo yang memiliki nilai *detection* 4, maka dengan mengikuti persamaan (2.1) akan diperoleh nilai RPN sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= (\text{S}) \times (\text{O}) \times (\text{D}) \\ &= 5 \times 5 \times 4 = 100 \end{aligned}$$

Lakukan cara yang sama pada jenis kegagalan potensial lainnya. Hasil perhitungan nilai RPN dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Nilai RPN

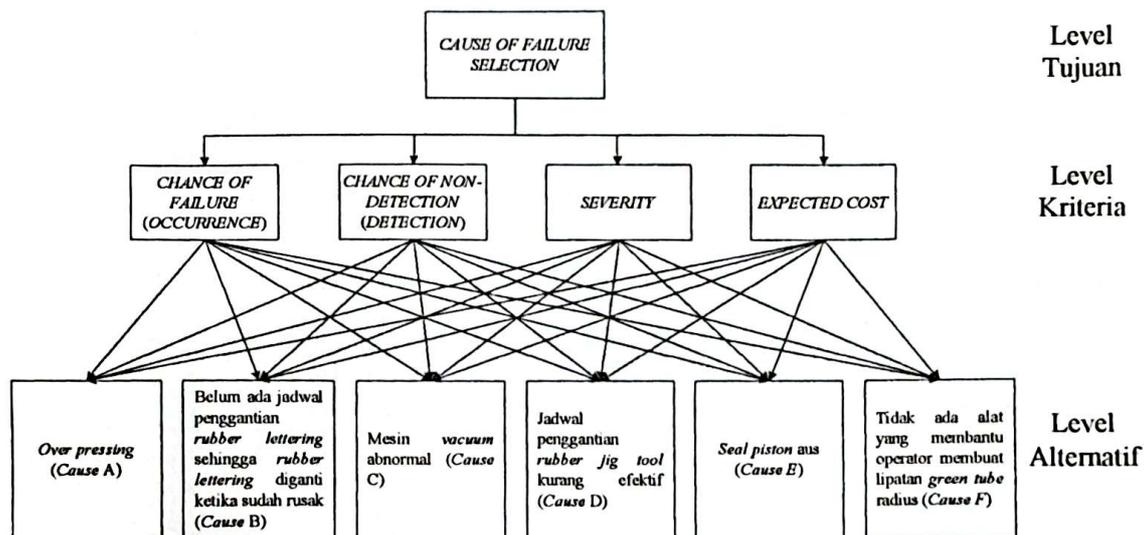
No.	Proses	Persyaratan	Jenis Kegagalan Potensial	Efek Kegagalan Potensial	(S)	Penyebab Kegagalan Potensial	(O)	Kendali Saat Ini	(D)	RPN
1.	<i>Extruding (Strainer)</i>	GT bebas <i>foreign material</i>	Saringan Mesh 40-10 rusak	FMS	5	<i>Over pressing (Cause A)</i>	5	Cek ampere motor dinamo	4	100
2.	<i>Extruding (Printing)</i>	Hasil <i>printing lettering</i> OK	<i>Rubber lettering</i> rusak	DPL	3	Belum ada jadwal penggantian <i>rubber lettering</i> sehingga <i>rubber lettering</i> diganti ketika sudah rusak (<i>Cause B</i>)	5	Gendo mihon	4	60
3.	<i>Extruding (Auto punching)</i>	Area <i>punching</i> OK	<i>Vacuum</i> tersumbat	FMS <i>rubber punching</i>	5	Mesin <i>vacuum</i> abnormal (<i>Cause C</i>)	4	Cek <i>vacuum gauge</i>	5	100
4.	<i>Extruding (Auto valve)</i>	<i>Valve</i> terpasang tepat di area <i>punching</i>	<i>Rubber jig tool</i> aus	BUV	8	Jadwal penggantian <i>rubber jig tool</i> kurang efektif (<i>Cause D</i>)	3	Cek visual	5	120
5.	<i>Splicing</i>	Area <i>joint</i> OK	<i>Press clamp error</i>	DSSG	5	<i>Seal piston</i> aus (<i>Cause E</i>)	5	Cek visual	5	125
6.	<i>Splicing (Booking)</i>	Area lipatan OK	Lipatan tidak radius	FDT	5	Tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan <i>green tube</i> radius (<i>Cause F</i>)	5	Ubah posisi <i>green tube</i> secara berkala	6	150

(Sumber: Pengolahan Data , 2015)

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa penyebab kegagalan yang paling potensial adalah tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube* radius dengan nilai RPN 150. Hasil ini belum menjadi keputusan akhir, karena belum dimasukkannya aspek perkiraan biaya (*expected cost*) yaitu aspek yang dipertimbangkan dalam metode MAFMA.

4.2.3 Menyusun Struktur Hierarki MAFMA

Struktur hierarki pada metode MAFMA terdiri dari tiga level. Level pertama mewakili tujuan yaitu *cause of failure selection*, level kedua mewakili kriteria yang terdiri dari *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, *severity*, dan *expected cost*, dan level ketiga mewakili alternatif yang berisi penyebab kegagalan potensial yang telah teridentifikasi dengan metode FMEA. Hasil strukturisasi hierarki MAFMA dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Struktur Hierarki MAFMA

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Struktur hierarki di atas menunjukkan pada level alternatif diisi dengan enam jenis penyebab kegagalan potensial yang diperoleh dari hasil proses FMEA, yaitu:

- *Over pressing (Cause A)*,

- Belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika rusak (*Cause B*),
- Mesin *vacuum abnormal* (*Cause C*),
- Jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*),
- *Seal piston aus* (*Cause E*), dan
- Tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube* radius (*Cause F*).

4.2.4 Penilaian Perbandingan Berpasangan dengan Skala AHP

Langkah selanjutnya setelah diperoleh struktur hierarki MAFMA adalah melakukan penilaian perbandingan berpasangan dengan skala AHP. Tahap ini dilakukan dengan mengajukan kuesioner penilaian perbandingan berpasangan kepada responden ahli yang telah ditetapkan, yaitu manajer seksi QA dan staf ahli *tube* seksi QA. Penilaian dilakukan terhadap kriteria yang telah ditetapkan dan alternatif di kriteria *expected cost*.

4.2.4.1 Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria dengan Skala AHP

Untuk mengetahui bobot masing-masing kriteria, maka dilakukan uji perbandingan berpasangan di antara empat kriteria dengan menyebarkan kuesioner penilaian perbandingan berpasangan yang dapat dilihat pada lampiran G. Kuesioner tersebut diisi oleh dua responden yang telah ditetapkan, yaitu manajer seksi QA sebagai responden 1 dan staf ahli *tube* seksi QA sebagai responden 2. Empat kriteria yang dilakukan uji perbandingan berpasangan adalah sebagai berikut:

1. *Severity*, yaitu efek yang ditimbulkan dari suatu kegagalan.
2. *Chance of Failure (Occurrence)*, yaitu kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan.
3. *Chance of Non-Detection (Detection)*, yaitu kontrol yang dilakukan untuk mendeteksi kegagalan.

4. *Expected cost*, yaitu perkiraan biaya yang harus dikeluarkan jika terjadi kegagalan.

Hasil penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria yang telah diubah dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan 4.15.

Tabel 4.14 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria Responden 1

	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	<i>Expected cost</i>
<i>Severity</i>	1	3	1	1
<i>Occurrence</i>	1/3	1	1/2	1/5
<i>Detection</i>	1	2	1	1
<i>Expected cost</i>	1	5	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.15 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria Responden 2

	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	<i>Expected cost</i>
<i>Severity</i>	1	5	3	1
<i>Occurrence</i>	1/5	1	1	1/2
<i>Detection</i>	1/3	1	1	1/2
<i>Expected cost</i>	1	2	2	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel di atas menunjukkan bahwa perbandingan antara kriteria *severity* dengan *occurrence* diberi nilai 3 oleh responden 1 dan nilai 5 oleh responden 2, dan sebagai matriks resiprokal ketika kriteria *occurrence* dibandingkan dengan kriteria *severity* maka berlaku nilai kebalikannya, yaitu 1/3 dan 1/5. Hal tersebut juga berlaku untuk perbandingan di antara kriteria lainnya.

4.2.4.2 Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* dengan Skala AHP

Perkiraan biaya (*expected cost*) merupakan aspek ekonomi yang dihitung dengan cara perbandingan berpasangan “kualitatif”. Hal ini disebabkan ketidakmampuan untuk melakukan penilaian dengan tepat oleh pihak terkait, misalnya staf pemeliharaan (Braglia, 2000). Perkiraan biaya (*expected cost*) yang timbul merupakan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan jika kegagalan terjadi

sehingga harus dilakukan pengerjaan ulang (*rework*) atau harus menjadi *scrap*. Besaran biaya *rework* tergantung pada jenis cacat yang terjadi, sedangkan besaran biaya *scrap* adalah seharga dengan harga produk *tube* 811X yaitu Rp120.000,00. Jumlah biaya *rework* ataupun *scrap* dapat dihitung dengan cara mengalikan banyaknya unit kegagalan dengan besaran biaya, sebagai contoh pada alternatif *Cause A* dengan efek kegagalan berupa jenis cacat *Foreign Material Inside* (FMIS), jumlah biaya *rework* ataupun *scrap* dihitung sebagai berikut:

Jumlah biaya *rework* : $1.272 \times \text{Rp } 12.175,32 = \text{Rp } 15.487.007,04$

Jumlah biaya *scrap* : $1.013 \times \text{Rp } 120.000,00 = \text{Rp } 121.560.000,00$

Total biaya : $\text{Rp } 15.487.007,04 + \text{Rp } 121.560.000,00 = \text{Rp } 137.047.007,04$

Langkah yang sama dilakukan juga untuk alternatif penyebab kegagalan lainnya. Hasil perhitungan perkiraan biaya setiap kegagalan yang dipertimbangkan, baik pada kondisi produk *rework* ataupun *scrap* khususnya selama periode April 2014–Maret 2015 yang dapat menjadi gambaran mengenai tingkat kepentingan alternatif di kriteria *expected cost* dapat dilihat pada Tabel 4.16, sedangkan uraian mengenai jumlah produk *rework* atau *scrap* di setiap bulannya selama periode April 2014–Maret 2015 dapat dilihat pada lampiran F. Besaran biaya untuk menangani penyebab kegagalan jika penyebab kegagalan tersebut terjadi juga disajikan dan dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.16 Total Biaya Rework dan Scrap Tube 811X Periode April 2014–Maret 2015

No.	Alternatif	Jenis Cacat	Rework (unit)	Scrap (unit)	Biaya Rework/unit	Biaya Scrap/unit	Jumlah Biaya Rework	Jumlah Biaya Scrap	Total Biaya
1	Cause A	Foreign Material Inside (FMIS)	1.272	1.013	Rp 12.175,32	Rp 120.000,00	Rp 15.487.007,04	Rp 121.560.000,00	Rp 137.047.007,04
2	Cause B	Defect Printing Lettering (DPL)	1.584	0	Rp 8.279,22	Rp -	Rp 13.114.284,48	Rp -	Rp 13.114.284,48
3	Cause C	Foreign Material Outside (FMOS) rubber punching	1.121	112	Rp 12.175,32	Rp 120.000,00	Rp 13.648.533,72	Rp 13.440.000,00	Rp 27.088.533,72
4	Cause D	Blister Under Valve (BUV)	0	1.240	Rp -	Rp 120.000,00	Rp -	Rp 148.800.000,00	Rp 148.800.000,00
5	Cause E	Defective Splice Side Gauge (DSSG)	3.687	525	Rp 12.175,32	Rp 120.000,00	Rp 44.890.404,84	Rp 63.000.000,00	Rp 107.890.404,84
6	Cause F	Folded Trail (FDT)	3.344	297	Rp 12.175,32	Rp 120.000,00	Rp 40.714.270,08	Rp 35.640.000,00	Rp 76.354.270,08

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.17 Tabel Biaya Tiap Penyebab Kegagalan

Penyebab Kegagalan	Biaya Perbaikan
<i>Cause A</i>	Rp 20.000,00
<i>Cause B</i>	Rp 30.000,00
<i>Cause C</i>	Rp 0,00
<i>Cause D</i>	Rp 300.000,00
<i>Cause E</i>	Rp 100.000,00
<i>Cause F</i>	Rp 25.000,00

(Sumber: PT BSIN, 2015)

Tabel 4.16 memperlihatkan besaran biaya yang harus dikeluarkan perusahaan apabila terjadi sebuah kegagalan, baik pada produk *rework* ataupun *scrap* selama periode April 2014–Maret 2015. Tabel 4.17 memperlihatkan besaran biaya untuk menangani penyebab kegagalan yang dipertimbangkan guna mencegah kembali terjadinya kegagalan.

Langkah selanjutnya adalah menyebarkan kuesioner penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif di kriteria *expected cost* untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing alternatif penyebab kegagalan berdasarkan penilaian responden. Hasil penyebaran kuesioner penilaian perbandingan berpasangan dapat dilihat pada lampiran G. Kuesioner diisi oleh dua responden yang telah ditetapkan, yaitu manajer seksi QA sebagai responden 1 dan staf ahli *tube* seksi QA sebagai responden 2. Pada kuesioner tersebut dipertimbangkan enam alternatif penyebab kegagalan potensial yang teridentifikasi dengan metode FMEA. Hasil penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif di kriteria *expected cost* yang telah diubah dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* Responden 1

	<i>Cause A</i>	<i>Cause B</i>	<i>Cause C</i>	<i>Cause D</i>	<i>Cause E</i>	<i>Cause F</i>
<i>Cause A</i>	1	7	3	1	1	3
<i>Cause B</i>	1/7	1	1	1/5	1/4	1/3
<i>Cause C</i>	1/3	1	1	1/3	1/3	1
<i>Cause D</i>	1	5	3	1	1	3
<i>Cause E</i>	1	4	3	1	1	1
<i>Cause F</i>	1/3	3	1	1/3	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.19 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* Responden 2

	<i>Cause A</i>	<i>Cause B</i>	<i>Cause C</i>	<i>Cause D</i>	<i>Cause E</i>	<i>Cause F</i>
<i>Cause A</i>	1	5	4	2	2	3
<i>Cause B</i>	1/5	1	1/2	1/5	1/3	1/2
<i>Cause C</i>	1/4	2	1	1/3	1	1
<i>Cause D</i>	1/2	5	3	1	1	2
<i>Cause E</i>	1/2	3	1	1	1	1
<i>Cause F</i>	1/3	2	1	1/2	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Perbandingan antara alternatif *Cause A* dengan *Cause B* diberi nilai 7 oleh responden 1 dan nilai 5 oleh responden 2, dan sebagai matriks resiprokal ketika *Cause B* dibandingkan dengan *Cause A* maka berlaku nilai kebalikannya, yaitu 1/7 dan 1/5. Hal tersebut juga berlaku untuk perbandingan di alternatif lainnya.

4.2.5 Menghitung Konsistensi Penilaian Perbandingan Berpasangan

Pada metode AHP yang memakai persepsi pembuat keputusan sebagai inputnya maka ketidakkonsistenan mungkin terjadi karena manusia memiliki keterbatasan dalam menyatakan perserpsinya secara konsisten. Penyimpangan dari konsistensi dinyatakan melalui *Consistency Index* (CI). Sedangkan konsistensi penilaian responden dapat diuji dengan menghitung nilai *Consistency Ratio* (CR). Jika nilai $CR \leq 0,1$, maka ketidakkonsistenan pendapat dari pengambil keputusan masih dapat diterima, jika tidak maka penilaian perlu diulang. Oleh karena itu, hasil penilaian perbandingan berpasangan dari para responden yang diperoleh melalui penyebaran kuesioner harus terlebih dahulu diuji konsistensi penilaiannya, untuk selanjutnya diolah dengan pendekatan *Fuzzy AHP* untuk memperoleh bobot masing-masing kriteria dan alternatif di kriteria *expected cost*.

4.2.5.1 Uji Konsistensi Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria

Pada kuesioner perbandingan berpasangan antar kriteria, penilaian diberikan oleh lebih dari satu responden, sehingga terlebih dahulu harus dihitung rata-rata geometriknya, karena rata-rata geometrik (*geometric mean*) menunjukkan preferensi dari sekelompok orang dan dilanjutkan dengan menghitung nilai CR. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hasil penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria konsisten karena memiliki nilai $CR \leq 0,1$. Matriks perbandingan berpasangan antar kriteria hasil *geometric mean* beserta nilai konsistensinya dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria Hasil *Geometric Mean*

	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	<i>Expected cost</i>
<i>Severity</i>	1,00	3,87	1,73	1,00
<i>Occurrence</i>	0,26	1,00	0,70	0,32
<i>Detection</i>	0,58	1,42	1,00	0,70
<i>Expected cost</i>	1,00	3,13	1,42	1,00

Note: Inconsistency ratio = 0,0110

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.20 di atas menunjukkan bahwa hasil penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria memiliki nilai $CR = 0,0110$ ($CR \leq 0,1$) yang artinya penilaian perbandingan berpasangan tersebut dapat diterima. Langkah-langkah untuk menghitung konsistensi penilaian secara lengkap tersaji pada lampiran H.

4.2.5.2 Uji Konsistensi Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost*

Pada kuesioner perbandingan berpasangan antar alternatif di kriteria *expected cost* juga terlebih dahulu harus dihitung rata-rata geometriknya, karena penilaian diberikan oleh lebih dari satu responden. Kemudian, dilanjutkan dengan menghitung nilai CR. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hasil penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif di kriteria *expected cost* konsisten karena memiliki nilai $CR \leq 0,1$. Matriks perbandingan berpasangan antar

alternatif di kriteria *expected cost* hasil *geometric mean* beserta nilai konsistensinya dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* Hasil *Geometric Mean*

	<i>Cause A</i>	<i>Cause B</i>	<i>Cause C</i>	<i>Cause D</i>	<i>Cause E</i>	<i>Cause F</i>
<i>Cause A</i>	1,00	5,91	3,46	1,41	1,41	3,00
<i>Cause B</i>	0,17	1,00	0,71	0,20	0,29	0,41
<i>Cause C</i>	0,29	1,41	1,00	0,33	0,58	1,00
<i>Cause D</i>	0,71	5,00	3,00	1,00	1,00	2,23
<i>Cause E</i>	0,71	3,45	1,72	1,00	1,00	1,00
<i>Cause F</i>	0,33	2,44	1,00	0,45	1,00	1,00

Note: *Inconsistency ratio* = 0,0133

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.21 di atas menunjukkan hasil penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif di kriteria *expected cost* yang memiliki nilai CR = 0,0133, karena nilai $CR \leq 0,1$ maka hasil perbandingan berpasangan antar alternatif di kriteria *expected cost* juga dapat diterima. Langkah-langkah untuk menghitung konsistensi penilaian secara lengkap tersaji pada lampiran H.

4.2.6 Menghitung Bobot Kriteria dan Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* dengan Pendekatan *Fuzzy AHP*

Hasil uji konsistensi menunjukkan bahwa penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria dan alternatif di *expected cost* yang diberikan oleh responden konsisten, maka langkah selanjutnya adalah mentransformasikan hasilnya ke dalam bilangan *fuzzy* dengan menggunakan skala TFN yang terdapat di Tabel 2.7 pada BAB II dan dilanjutkan dengan menghitung bobotnya. Hasil perhitungan dengan pendekatan *Fuzzy AHP* ini akan menghasilkan *total priority* pada kriteria dan *local priority* pada alternatif di kriteria *expected cost*.

4.2.6.1 Pembobotan Kriteria dengan Pendekatan *Fuzzy* AHP

Hasil penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria dari dua orang responden yang telah diubah menjadi bilangan *fuzzy* dengan menggunakan skala TFN dapat dilihat pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.23.

Tabel 4.22 Matriks Perbandingan Berpasangan *Fuzzy* AHP Antar Kriteria Responden 1

	<i>Severity</i>			<i>Occurrence</i>			<i>Detection</i>			<i>Expected cost</i>		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<i>Severity</i>	1	1	1	1	3/2	2	1	1	1	1	1	1
<i>Occurrence</i>	1/2	2/3	1	1	1	1	2/3	1	2	1/3	2/5	1/2
<i>Detection</i>	1	1	1	1/2	1	3/2	1	1	1	1	1	1
<i>Expected cost</i>	1	1	1	2	5/2	3	1	1	1	1	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.23 Matriks Perbandingan Berpasangan *Fuzzy* AHP Antar Kriteria Responden 2

	<i>Severity</i>			<i>Occurrence</i>			<i>Detection</i>			<i>Expected cost</i>		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<i>Severity</i>	1	1	1	2	5/2	3	1	3/2	2	1	1	1
<i>Occurrence</i>	1/3	2/5	1/2	1	1	1	1	1	1	2/3	1	2
<i>Detection</i>	1/2	2/3	1	1	1	1	1	1	1	2/3	1	2
<i>Expected cost</i>	1	1	1	1/2	1	3/2	1/2	1	3/2	1	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Penilaian dari kedua responden harus terlebih dahulu digabungkan dengan merata-ratakan kedua bilangan *fuzzy* tersebut menjadi satu matriks perbandingan berpasangan. Misalnya, untuk perbandingan berpasangan *severity* terhadap *occurrence*, dengan menggunakan persamaan (2.11) maka diperoleh nilai gabungan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 [(1, 3/2, 2) \oplus (2, 5/2, 3)] \otimes 1/2 &= (3, 4, 5) \otimes 1/2 \\
 &= (3/2, 2, 5/2)
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas dilakukan pada semua kriteria, sehingga akan diperoleh matriks baru seperti yang terlihat pada Tabel 4.24. Hasil perhitungan untuk nilai gabungan bilangan *fuzzy* lainnya dapat dilihat pada lampiran I.

Tabel 4.24 Matriks Perbandingan Berpasangan *Fuzzy* AHP Antar Kriteria Setelah Digabung

	Severity (S)			Occurrence (O)			Detection (D)			Expected cost (E)		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Severity (S)	1	1	1	3/2	2	5/2	1	5/4	3/2	1	1	1
Occurrence (O)	5/12	8/15	3/4	1	1	1	5/6	1	3/2	1/2	7/10	5/4
Detection (D)	3/4	5/6	1	3/4	1	5/4	1	1	1	5/6	1	3/2
Expected cost (E)	1	1	1	5/4	7/4	9/4	3/4	1	5/4	1	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) pada masing-masing kriteria. Untuk menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) dimulai dengan melakukan operasi penjumlahan nilai sintesis *fuzzy* di setiap baris sehingga diperoleh nilai jumlah baris ($\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$). Misalnya, untuk baris pertama dengan kriteria *severity*, dengan mengikuti persamaan (2.16) maka diperoleh jumlah baris seperti berikut:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j \text{ baris 1} = (1+3/2+1+1, 1+2+5/4+1, 1+5/2+3/2+1) = (4,50, 5,25, 6,00)$$

Lakukan perhitungan di atas pada setiap baris. Kemudian hitung total nilai jumlah baris disetiap kolom untuk memperoleh nilai jumlah kolom ($\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$). Perhitungan lengkap dapat dilihat pada lampiran I. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Jumlah Baris dan Kolom Nilai Sintesis *Fuzzy* Antar Kriteria

	S			O			D			E			$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>									
S	1	1	1	3/2	2	5/2	1	5/4	3/2	1	1	1	4,50	5,25	6,00
O	5/12	8/15	3/4	1	1	1	5/6	1	3/2	1/2	7/10	5/4	2,75	3,23	4,50
D	3/4	5/6	1	3/4	1	5/4	1	1	1	5/6	1	3/2	3,33	3,83	4,75
E	1	1	1	5/4	7/4	9/4	3/4	1	5/4	1	1	1	4,00	4,75	5,50
$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$													14,58	17,06	20,75

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.15) maka diperoleh nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) masing-masing kriteria sebagai berikut:

$$S_S = (4,50, 5,25, 6,00) \otimes \left(\frac{1}{20,75}, \frac{1}{17,06}, \frac{1}{14,58} \right) \\ = (0,22, 0,31, 0,41)$$

$$S_O = (2,75, 3,23, 4,50) \otimes \left(\frac{1}{20,75}, \frac{1}{17,06}, \frac{1}{14,58} \right) \\ = (0,13, 0,19, 0,31)$$

$$S_D = (3,33, 3,83, 4,75) \otimes \left(\frac{1}{20,75}, \frac{1}{17,06}, \frac{1}{14,58} \right) \\ = (0,16, 0,22, 0,33)$$

$$S_E = (4,00, 4,75, 5,50) \otimes \left(\frac{1}{20,75}, \frac{1}{17,06}, \frac{1}{14,58} \right) \\ = (0,19, 0,28, 0,38)$$

Hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan dalam tabel yang dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Nilai *Fuzzy Synthetic Extent* (S_i) Tiap Kriteria

Kriteria	S_i		
	l	m	u
<i>Severity (S)</i>	0,22	0,31	0,41
<i>Occurrence (O)</i>	0,13	0,19	0,31
<i>Detection (D)</i>	0,16	0,22	0,33
<i>Expected cost (E)</i>	0,19	0,28	0,38

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Proses selanjutnya adalah membandingkan nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) yang telah diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.22) untuk memperoleh nilai vektor. Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

- Kriteria *Severity (S)*, nilai vektornya adalah:

$$V(S_S \geq S_O), \text{ karena } m_2 \geq m_1 \text{ maka:}$$

$$V(S_S \geq S_O) = 1$$

$$V(S_S \geq S_D), \text{ karena } m_2 \geq m_1, \text{ maka:}$$

$$V(S_S \geq S_D) = 1$$

$V(S_S \geq S_E)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_S \geq S_E) = 1$$

- Kriteria *Occurrence (O)*, nilai vektornya adalah:

$V(S_O \geq S_S)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_O \geq S_S) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,22 - 0,31}{(0,19 - 0,31) - (0,31 - 0,22)} = 0,43$$

$V(S_O \geq S_D)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_O \geq S_D) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,16 - 0,31}{(0,19 - 0,31) - (0,22 - 0,16)} = 0,83$$

$V(S_O \geq S_E)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_O \geq S_E) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,19 - 0,31}{(0,19 - 0,31) - (0,28 - 0,19)} = 0,57$$

- Kriteria *Detection (D)*, nilai vektornya adalah:

$V(S_D \geq S_S)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_D \geq S_S) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,22 - 0,33}{(0,22 - 0,33) - (0,31 - 0,22)} = 0,55$$

$V(S_D \geq S_O)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_D \geq S_O) = 1$$

$V(S_D \geq S_E)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_D \geq S_E) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,19 - 0,33}{(0,22 - 0,33) - (0,28 - 0,19)} = 0,70$$

- Kriteria *Expected cost (E)*, nilai vektornya adalah:

$V(S_E \geq S_S)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_E \geq S_S) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,22 - 0,38}{(0,28 - 0,38) - (0,31 - 0,22)} = 0,84$$

$V(S_E \geq S_O)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_E \geq S_O) = 1$$

$V(S_E \geq S_D)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_E \geq S_D) = 1$$

Selanjutnya dari hasil perbandingan nilai *fuzzy synthetic extent* tersebut diambil nilai minimumnya dengan menggunakan persamaan (2.23) untuk memperoleh nilai ordinat *defuzzifikasi (d')*.

$$\begin{aligned} d'(S) &= V(S_S \geq S_O, S_D, S_E) \\ &= \min(1, 1, 1) = 1 \end{aligned}$$

$$d'(O) = V(S_O \geq S_S, S_D, S_E) \\ = \min(0,43, 0,83, 0,57) = 0,43$$

$$d'(D) = V(S_D \geq S_S, S_O, S_E) \\ = \min(0,55, 1, 0,70) = 0,55$$

$$d'(E) = V(S_E \geq S_S, S_O, S_D) \\ = \min(0,84, 1, 1) = 0,84$$

Berdasarkan nilai ordinat S, O, D, E maka nilai bobot vektor dapat ditentukan sesuai persamaan (2.24) sebagai berikut:

$$W' = (1, 0,43, 0,55, 0,84)^T$$

Setelah diperoleh bobot vektor *fuzzy*, tahap selanjutnya adalah menormalisasi nilai vektor bobot tersebut dengan menggunakan persamaan (2.25) untuk memperoleh vektor bobot yang bukan bilangan *fuzzy* sebagai vektor akhir untuk masing-masing kriteria dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Bobot Severity} = \frac{1}{(1+0,43+0,55+0,84)} = \frac{1}{2,82} = 0,354$$

$$\text{Bobot Occurrence} = \frac{0,43}{(1+0,43+0,55+0,84)} = \frac{0,43}{2,82} = 0,152$$

$$\text{Bobot Detection} = \frac{0,55}{(1+0,43+0,55+0,84)} = \frac{0,55}{2,82} = 0,195$$

$$\text{Bobot Expected cost} = \frac{0,84}{(1+0,43+0,55+0,84)} = \frac{0,84}{2,82} = 0,297$$

Melalui persamaan di atas, diperoleh bobot akhir *non fuzzy* untuk masing-masing kriteria, yaitu:

$$W = (0,354, 0,152, 0,195, 0,297)^T$$

4.2.6.2 Pembobotan Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* dengan Pendekatan *Fuzzy AHP*

Langkah selanjutnya setelah diperoleh bobot akhir *non fuzzy* pada setiap kriteria adalah menghitung bobot setiap alternatif di kriteria *expected cost*. Seperti halnya pada kriteria, langkah awal juga dimulai dengan mentransformasi hasil penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif dalam skala AHP menjadi bilangan *fuzzy* dengan menggunakan skala TFN. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.27 dan Tabel 4.28.

Tabel 4.27 Matriks Perbandingan Berpasangan Fuzzy AHP Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* Responden 1

	A			B			C			D			E			F		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>															
A	1	1	1	3	7/2	4	1	3/2	2	1	1	1	1	1	1	1	3/2	2
B	1/4	2/7	1/3	1	1	1	1	1	1	1/3	2/5	1/2	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1
C	1/2	2/3	1	1	1	1	1	1	1	1/2	2/3	1	1/2	2/3	1	1	1	1
D	1	1	1	2	5/2	3	1	3/2	2	1	1	1	1	1	1	1	3/2	2
E	1	1	1	3/2	2	5/2	1	3/2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	1/2	2/3	1	1	3/2	2	1	1	1	1/2	2/3	1	1	1	1	1	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.28 Matriks Perbandingan Berpasangan Fuzzy AHP Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* Responden 2

	A			B			C			D			E			F		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>															
A	1	1	1	2	5/2	3	3/2	2	5/2	1/2	1	3/2	1/2	1	3/2	1	3/2	2
B	1/3	2/5	1/2	1	1	1	2/3	1	2	1/3	2/5	1/2	1/2	2/3	1	2/3	1	2
C	2/5	1/2	2/3	1/2	1	3/2	1	1	1	1/2	2/3	1	1	1	1	1	1	1
D	2/3	1	2	2	5/2	3	1	3/2	2	1	1	1	1	1	1	1/2	1	3/2
E	2/3	1	2	1	3/2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	1/2	2/3	1	1/2	1	3/2	1	1	1	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Rata-ratakan hasil penilaian agar menjadi satu matriks perbandingan berpasangan. Lakukan langkah seperti saat menghitung nilai gabungan kriteria dengan persamaan (2.11). Perhitungan lengkap dapat dilihat pada lampiran J. Matriks baru setelah dihitung nilai rata-ratanya dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Matriks Perbandingan Berpasangan Fuzzy AHP Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost* Setelah Digabung

	A			B			C			D			E			F		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>															
A	1	1	1	5/2	3	7/2	5/4	7/4	9/4	3/4	1	5/4	3/4	1	5/4	1	3/2	2
B	7/24	12/35	5/12	1	1	1	5/6	1	3/2	1/3	2/5	1/2	9/20	7/12	5/6	7/12	5/6	3/2
C	9/20	7/12	5/6	3/4	1	5/4	1	1	1	1/2	2/3	1	3/4	5/6	1	1	1	1
D	5/6	1	3/2	2	5/2	3	1	3/2	2	1	1	1	1	1	1	3/4	5/4	7/4
E	5/6	1	3/2	5/4	7/4	9/4	1	5/4	3/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	1/2	2/3	1	3/4	5/4	7/4	1	1	1	7/12	5/6	3/2	1	1	1	1	1	1

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Dari matriks berpasangan tersebut, selanjutnya adalah menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) pada masing-masing alternatif. Dengan mengikuti langkah-langkah perhitungan seperti saat menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) di kriteria, maka akan diperoleh nilai jumlah baris ($\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$) dan nilai jumlah kolom ($\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$) seperti yang terlihat pada Tabel 4.30. Untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada lampiran J.

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Jumlah Baris dan Kolom Nilai Sintesis Fuzzy Antar Alternatif Di Kriteria *Expected Cost*

	A			B			C			D			E			F			$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>															
A	1	1	1	5/2	3	7/2	5/4	7/4	9/4	3/4	1	5/4	3/4	1	5/4	1	3/2	2	7,25	9,25	11,25
B	7/24	12/35	5/12	1	1	1	5/6	1	3/2	1/3	2/5	1/2	9/20	7/12	5/6	7/12	5/6	3/2	3,49	4,16	5,75
C	9/20	7/12	5/6	3/4	1	5/4	1	1	1	1/2	2/3	1	3/4	5/6	1	1	1	1	4,45	5,08	6,08
D	5/6	1	3/2	2	5/2	3	1	3/2	2	1	1	1	1	1	1	3/4	5/4	7/4	6,58	8,25	10,25
E	5/6	1	3/2	5/4	7/4	9/4	1	5/4	3/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6,08	7,00	8,25
F	1/2	2/3	1	3/4	5/4	7/4	1	1	1	7/12	5/6	3/2	1	1	1	1	1	1	4,83	5,75	7,25
$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$																			32,68	39,49	48,83

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.15) maka diperoleh nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) masing-masing alternatif di kriteria *expected cost* sebagai berikut:

$$S_A = (7,25, 9,25, 11,25) \otimes \left(\frac{1}{48,83}, \frac{1}{39,49}, \frac{1}{32,68} \right)$$

$$= (0,15, 0,23, 0,34)$$

$$S_B = (3,49, 4,16, 5,75) \otimes \left(\frac{1}{48,83}, \frac{1}{39,49}, \frac{1}{32,68} \right)$$

$$= (0,07, 0,10, 0,18)$$

$$S_C = (4,45, 5,08, 6,08) \otimes \left(\frac{1}{48,83}, \frac{1}{39,49}, \frac{1}{32,68} \right)$$

$$= (0,09, 0,13, 0,19)$$

$$S_D = (6,58, 8,25, 10,25) \otimes \left(\frac{1}{40,03}, \frac{1}{39,49}, \frac{1}{32,60} \right)$$

$$= (0,13, 0,20, 0,31)$$

$$S_E = (6,08, 7,00, 8,25) \otimes \left(\frac{1}{40,03}, \frac{1}{39,49}, \frac{1}{32,60} \right)$$

$$= (0,12, 0,18, 0,25)$$

$$S_F = (4,83, 5,75, 7,25) \otimes \left(\frac{1}{40,03}, \frac{1}{39,49}, \frac{1}{32,60} \right)$$

$$= (0,09, 0,15, 0,22)$$

Hasil perhitungan di atas disimpulkan dalam tabel yang dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Hasil Perhitungan Nilai *Fuzzy Synthetic Extent (SI)* Tiap Alternatif Di Kriteria *Expected Cost*

Alternatif	SI		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
A	0,15	0,23	0,34
B	0,07	0,10	0,18
C	0,09	0,13	0,19
D	0,13	0,20	0,31
E	0,12	0,18	0,25
F	0,09	0,15	0,22

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Kemudian membandingkan nilai *fuzzy synthetic extent (SI)* yang telah diperoleh menggunakan persamaan (2.22) untuk memperoleh nilai vektor. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Alternatif *Cause A*, nilai vektornya adalah:

$V(S_A \geq S_D)$, karena $m_2 \geq m_1$ maka:

$$V(S_A \geq S_D) = 1$$

$V(S_A \geq S_C)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_A \geq S_C) = 1$$

$V(S_A \geq S_D)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_A \geq S_D) = 1$$

$V(S_A \geq S_E)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_A \geq S_E) = 1$$

$V(S_A \geq S_F)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_A \geq S_F) = 1$$

- Alternatif Cause B, nilai vektornya adalah:

$V(S_B \geq S_A)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_B \geq S_A) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,15 - 0,18}{(0,10 - 0,18) - (0,23 - 0,15)} = 0,19$$

$V(S_B \geq S_C)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_B \geq S_C) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,09 - 0,18}{(0,10 - 0,18) - (0,13 - 0,09)} = 0,75$$

$V(S_B \geq S_D)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_B \geq S_D) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,13 - 0,18}{(0,10 - 0,18) - (0,20 - 0,13)} = 0,33$$

$V(S_B \geq S_E)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_B \geq S_E) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,12 - 0,18}{(0,10 - 0,18) - (0,18 - 0,12)} = 0,43$$

$V(S_B \geq S_F)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_B \geq S_F) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,09 - 0,18}{(0,10 - 0,18) - (0,15 - 0,09)} = 0,64$$

- Alternatif Cause C, nilai vektornya adalah:

$V(S_C \geq S_A)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_C \geq S_A) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,15 - 0,19}{(0,13 - 0,19) - (0,23 - 0,15)} = 0,29$$

$V(S_C \geq S_B)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_C \geq S_B) = 1$$

$V(S_C \geq S_D)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_C \geq S_D) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,13 - 0,19}{(0,13 - 0,19) - (0,20 - 0,13)} = 0,46$$

$V(S_C \geq S_E)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_C \geq S_E) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,12 - 0,19}{(0,13 - 0,19) - (0,18 - 0,12)} = 0,58$$

$V(S_C \geq S_F)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_C \geq S_F) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,09 - 0,19}{(0,13 - 0,19) - (0,15 - 0,09)} = 0,83$$

- Alternatif Cause D, nilai vektornya adalah:

$V(S_D \geq S_A)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_D \geq S_A) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,15 - 0,31}{(0,20 - 0,31) - (0,23 - 0,15)} = 0,84$$

$V(S_D \geq S_B)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_D \geq S_B) = 1$$

$V(S_D \geq S_C)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_D \geq S_C) = 1$$

$V(S_D \geq S_E)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_D \geq S_E) = 1$$

$V(S_D \geq S_F)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_D \geq S_F) = 1$$

- Alternatif Cause E, nilai vektornya adalah:

$V(S_E \geq S_A)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_E \geq S_A) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,15 - 0,25}{(0,18 - 0,25) - (0,23 - 0,15)} = 0,67$$

$V(S_E \geq S_B)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_E \geq S_B) = 1$$

$V(S_E \geq S_C)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_E \geq S_C) = 1$$

$V(S_E \geq S_D)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_E \geq S_D) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,13 - 0,25}{(0,18 - 0,25) - (0,20 - 0,13)} = 0,86$$

$V(S_E \geq S_F)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_E \geq S_F) = 1$$

- Alternatif Cause F, nilai vektornya adalah:

$V(S_F \geq S_A)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_F \geq S_A) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,15 - 0,22}{(0,15 - 0,22) - (0,23 - 0,15)} = 0,47$$

$V(S_F \geq S_B)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_F \geq S_B) = 1$$

$V(S_F \geq S_C)$, karena $m_2 \geq m_1$, maka:

$$V(S_F \geq S_C) = 1$$

$V(S_F \geq S_D)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_F \geq S_D) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,13 - 0,22}{(0,15 - 0,22) - (0,20 - 0,13)} = 0,64$$

$V(S_F \geq S_E)$, karena $m_1 \geq m_2$ dan $u_2 \geq l_1$, maka:

$$V(S_F \geq S_E) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0,12 - 0,22}{(0,15 - 0,22) - (0,18 - 0,12)} = 0,77$$

Selanjutnya mengambil nilai minimum dari setiap nilai vektor dengan menggunakan persamaan (2.23) untuk memperoleh nilai ordinat defuzzifikasi (d').

$$\begin{aligned} d'(A) &= V(S_A \geq S_B, S_C, S_D, S_E, S_F) \\ &= \min(1, 1, 1, 1, 1) = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'(B) &= V(S_B \geq S_A, S_C, S_D, S_E, S_F) \\ &= \min(0,19, 0,75, 0,33, 0,43, 0,64) = 0,19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'(C) &= V(S_C \geq S_A, S_B, S_D, S_E, S_F) \\ &= \min(0,29, 1, 0,46, 0,58, 0,83) = 0,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'(D) &= V(S_D \geq S_A, S_B, S_C, S_E, S_F) \\ &= \min(0,84, 1, 1, 1, 1) = 0,84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'(E) &= V(S_E \geq S_A, S_B, S_C, S_D, S_F) \\ &= \min(0,67, 1, 1, 0,86, 1) = 0,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'(F) &= V(S_F \geq S_A, S_B, S_C, S_D, S_E) \\ &= \min(0,47, 1, 1, 0,64, 0,77) = 0,47 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ordinat tersebut maka nilai bobot vektor alternatif di kriteria *expected cost* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.24) sebagai berikut:

$$W' = (1, 0,19, 0,29, 0,84, 0,67, 0,47)^T$$

Kemudian menormalisasi nilai vektor bobot tersebut menggunakan persamaan (2.25) untuk memperoleh vektor bobot *non fuzzy* sebagai vektor akhir untuk masing-masing alternatif di kriteria *expected cost*. Berikut perhitungannya:

$$\text{Bobot Cause A} = \frac{1}{(1+0,19+0,29+0,84+0,67+0,47)} = \frac{1}{3,46} = 0,289$$

$$\text{Bobot Cause B} = \frac{0,19}{(1+0,19+0,29+0,84+0,67+0,47)} = \frac{0,19}{3,46} = 0,055$$

$$\text{Bobot Cause C} = \frac{0,29}{(1+0,19+0,29+0,84+0,67+0,47)} = \frac{0,29}{3,46} = 0,084$$

$$\text{Bobot Cause D} = \frac{0,84}{(1+0,19+0,29+0,84+0,67+0,47)} = \frac{0,84}{3,46} = 0,243$$

$$\text{Bobot Cause E} = \frac{0,67}{(1+0,19+0,29+0,84+0,67+0,47)} = \frac{0,67}{3,46} = 0,194$$

$$\text{Bobot Cause F} = \frac{0,47}{(1+0,19+0,29+0,84+0,67+0,47)} = \frac{0,47}{3,46} = 0,135$$

Melalui persamaan di atas, diperoleh bobot akhir *non fuzzy* untuk masing-masing alternatif di kriteria *expected cost*, yaitu:

$$W = (0,289, 0,055, 0,084, 0,243, 0,194, 0,135)^T$$

4.2.7 Perhitungan Akhir Pada Metode MAFMA

Perhitungan akhir dalam metode MAFMA adalah menghitung *local priority* setiap alternatif penyebab kegagalan di kriteria *severity*, *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)* dan dilanjutkan dengan menghitung *total priority* dan *overall priority (evaluation)* setiap alternatif penyebab kegagalan, sehingga dapat dievaluasi alternatif penyebab kegagalan yang paling potensial karena memiliki bobot tertinggi dibandingkan alternatif penyebab kegagalan lainnya.

4.2.7.1 Menghitung Local Priority

Pada kriteria *expected cost*, setiap alternatif dinilai melalui perbandingan berpasangan lalu dihitung bobotnya dengan pendekatan *Fuzzy AHP*. Bobot tersebut akan menjadi *local priority* alternatif di kriteria *expected cost*. Berbeda dengan kriteria tersebut, tiga kriteria “*quantifiable*” lain, yaitu *severity*, *chance of failure (occurrence)*, dan *chance of non-detection (detection)* dievaluasi dengan menormalisasi faktor kuantitatifnya yang telah diperoleh melalui metode FMEA. Dengan menggunakan persamaan (2.26), (2.27), dan (2.28) yang telah dijelaskan di BAB II, maka *local priority* setiap alternatif penyebab kegagalan untuk tiga kriteria lainnya akan diperoleh. *Local priority* setiap alternatif penyebab kegagalan di semua kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.32, 4.33, 4.34, dan 4.35.

Tabel 4.32 Local Priority Criteria Severity

<i>Cause of failure</i>	<i>Score</i>		<i>Local priority</i>
<i>Cause A</i>	5	5/31	0,161
<i>Cause B</i>	3	3/31	0,097
<i>Cause C</i>	5	5/31	0,161
<i>Cause D</i>	8	8/31	0,258
<i>Cause E</i>	5	5/31	0,161
<i>Cause F</i>	5	5/31	0,161
Total	31		1,000

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.33 Local Priority Criteria Chance of Failure (Occurrence)

<i>Cause of failure</i>	<i>Score</i>		<i>Local priority</i>
<i>Cause A</i>	5	5/27	0,185
<i>Cause B</i>	5	5/27	0,185
<i>Cause C</i>	4	4/27	0,148
<i>Cause D</i>	3	3/27	0,111
<i>Cause E</i>	5	5/27	0,185
<i>Cause F</i>	5	5/27	0,185
Total	27		1,000

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.34 Local Priority Criteria Chance of Non-Detection (Detection)

<i>Cause of failure</i>	<i>Score</i>		<i>Local priority</i>
<i>Cause A</i>	4	4/29	0,138
<i>Cause B</i>	4	4/29	0,138
<i>Cause C</i>	5	5/29	0,172
<i>Cause D</i>	5	5/29	0,172
<i>Cause E</i>	5	5/29	0,172
<i>Cause F</i>	6	6/29	0,207
Total	29		1,000

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.35 Local Priority Criteria Expected Cost

<i>Cause of failure</i>	<i>Local priority</i>
<i>Cause A</i>	0,289
<i>Cause B</i>	0,055
<i>Cause C</i>	0,084
<i>Cause D</i>	0,243
<i>Cause E</i>	0,194
<i>Cause F</i>	0,135
Total	1,000

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.32 menunjukkan bahwa *Cause D* menjadi penyebab kegagalan yang paling prioritas dengan nilai *local priority* sebesar 0,258 pada kriteria *severity*. *Cause A*, *Cause B*, *Cause E*, dan *Cause F* menjadi penyebab kegagalan yang paling prioritas dengan nilai *local priority* sebesar 0,185 pada kriteria *chance of failure (occurrence)*. *Cause F* menjadi penyebab kegagalan yang paling prioritas dengan nilai *local priority* sebesar 0,207 pada kriteria *non-detection (detection)*. Sedangkan pada kriteria *expected cost*, *Cause A* menjadi penyebab kegagalan yang paling prioritas dengan nilai *local priority* sebesar 0,289. Hasil ini belum menjadi keputusan akhir, karena nilai *local priority* setiap alternatif tersebut harus dikalikan lagi dengan bobot masing-masing kriteria, dan selanjutnya seluruh penilaian diintegrasikan.

4.2.7.2 Menghitung *Total Priority*

Total priority diperoleh dengan cara mengalikan bobot masing-masing kriteria dengan *local priority* setiap alternatif penyebab kegagalan. Misalnya untuk *Cause A* di kriteria *severity*, dengan *local priority* 0,161 dan bobot *severity* sebesar 0,354, maka *total priority* dihitung sebagai berikut:

$$\text{Total priority Cause A} = 0,161 \times 0,354 = 0,057$$

Cara perhitungan tersebut dimuat pada persamaan (2.29), (2.30), (2.31), dan (2.32) pada BAB II. Dengan menggunakan persamaan tersebut pada setiap alternatif di semua kriteria maka akan diperoleh keseluruhan *total priority*. Hasil perhitungan *total priority* dapat dilihat pada Tabel 4.36, 4.37, 4.38, dan 4.39. Sedangkan perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada lampiran K.

Tabel 4.36 *Total Priority* Pada Kriteria *Severity*

<i>Criterion</i>	<i>Alternative</i>	<i>Local priority</i>	<i>Total priority</i>
<i>Severity</i>			0,354
	<i>Cause A</i>	0,161	0,057
	<i>Cause B</i>	0,097	0,034
	<i>Cause C</i>	0,161	0,057
	<i>Cause D</i>	0,258	0,091
	<i>Cause E</i>	0,161	0,057
	<i>Cause F</i>	0,161	0,057

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.37 Total Priority Pada Kriteria *Chance of Failure (Occurrence)*

<i>Criterion</i>	<i>Alternative</i>	<i>Local priority</i>	<i>Total priority</i>
<i>Chance of Failure (Occurrence)</i>			0,152
	<i>Cause A</i>	0,185	0,028
	<i>Cause B</i>	0,185	0,028
	<i>Cause C</i>	0,148	0,022
	<i>Cause D</i>	0,111	0,017
	<i>Cause E</i>	0,185	0,028
	<i>Cause F</i>	0,185	0,028

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.38 Total Priority Pada Kriteria *Chance of Non-Detection (Detection)*

<i>Criterion</i>	<i>Alternative</i>	<i>Local priority</i>	<i>Total priority</i>
<i>Chance of Non-Detection (Detection)</i>			0,195
	<i>Cause A</i>	0,138	0,027
	<i>Cause B</i>	0,138	0,027
	<i>Cause C</i>	0,172	0,034
	<i>Cause D</i>	0,172	0,034
	<i>Cause E</i>	0,172	0,034
	<i>Cause F</i>	0,207	0,040

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 4.39 Total Priority Pada Kriteria *Expected Cost*

<i>Criterion</i>	<i>Alternative</i>	<i>Local priority</i>	<i>Total priority</i>
<i>Expected cost</i>			0,297
	<i>Cause A</i>	0,289	0,086
	<i>Cause B</i>	0,055	0,016
	<i>Cause C</i>	0,084	0,025
	<i>Cause D</i>	0,243	0,072
	<i>Cause E</i>	0,194	0,058
	<i>Cause F</i>	0,135	0,040

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Nilai *total priority* di atas juga belum mewakili keputusan akhir, karena setiap penyebab kegagalan masih diperhitungkan atas satu kriteria. Pada metode MAFMA, sebuah penyebab kegagalan diperhitungkan atas empat kriteria. Oleh karena itu, nilai *total priority* tersebut harus diagregasi untuk memperoleh

keputusan akhir yaitu memilih penyebab kegagalan yang paling potensial karena memiliki bobot terbesar.

4.2.7.3 Menghitung *Overall Priority (Evaluation)*

Setelah mengevaluasi tiap alternatif penyebab kegagalan sehubungan dengan kriteria yang dipertimbangkan, selanjutnya adalah mengagregasi seluruh penilaian. Dengan menjumlahkan *total priority* setiap alternatif di semua kriteria yang dipertimbangkan sebagaimana persamaan (2.33) maka akan diperoleh *overall priority (evaluation)*. Misal untuk alternatif *Cause A*, nilai *evaluation* dihitung sebagai berikut:

$$\text{Cause A} = 0,057 + 0,028 + 0,027 + 0,086 = 0,198$$

Hasil perhitungan *overall priority (evaluation)* untuk semua alternatif penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40 Evaluasi Akhir Penyebab Kegagalan dengan Metode MAFMA

<i>Cause of failure</i>	<i>Criterion</i>				<i>Evaluation</i>
	<i>Severity</i>	<i>Chance of Failure (Occurrence)</i>	<i>Chance of Non-Detection (Detection)</i>	<i>Expected Cost</i>	
<i>Cause A</i>	0,057	0,028	0,027	0,086	0,198
<i>Cause B</i>	0,034	0,028	0,027	0,016	0,105
<i>Cause C</i>	0,057	0,022	0,034	0,025	0,138
<i>Cause D</i>	0,091	0,017	0,034	0,072	0,214
<i>Cause E</i>	0,057	0,028	0,034	0,058	0,177
<i>Cause F</i>	0,057	0,028	0,040	0,040	0,165

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Melalui metode MAFMA diketahui bahwa penyebab kegagalan yang paling potensial adalah *Cause D* yaitu jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif dengan bobot akhir sebesar 0,214.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan meliputi analisis masalah dominan, analisis bobot prioritas kriteria, analisis bobot prioritas alternatif di setiap kriteria, analisis prioritas penyebab kegagalan pada metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP*, analisis usulan perbaikan penyebab kegagalan, dan analisis sensitivitas.

MILIK PERPUSTAKAAN FPM
Membaca, Berolah, Mengembangkan Diri

5.1 Analisis Masalah Dominan

Hasil pengumpulan data menunjukkan bahwa terdapat 15 jenis cacat pada proses produksi *tube 811X*. *Foreign Material Inside (FMIS)*, *Defect Printing Lettering (DPL)*, *Foreign Material Outside (FMOS) rubber punching*, *Blister Under Valve (BUV)*, *Foreign Material Inside (FMIS) talc*, *Scorch*, dan *Valve Hole Block (VHB)* merupakan jenis cacat yang ada pada proses *extruding*. *Folded Trail (FDT)*, *Defective Splice Side Gauge (DSSG)*, *Open Tube Splice (OTS)*, dan *Flow Crack Splice* merupakan jenis cacat yang ada pada proses *splicing*. *Lateral Flow Crack*, *Radial Flow Crack*, *Over Size*, dan *Pinch* merupakan jenis cacat yang ada pada proses *curing*. Pengolahan data dilakukan terhadap data jumlah unit cacat di setiap jenis cacat *tube 811X* seperti yang tersaji pada Tabel 4.3 di BAB IV dengan menggunakan diagram pareto untuk mengetahui dominan masalah. Pembuatan diagram pareto dilakukan dengan bantuan *software Minitab*.

Hasil pengolahan data dengan menggunakan diagram pareto menunjukkan bahwa jenis cacat DSSG menyumbang persentase terbesar yaitu 23%, diikuti jenis cacat FDT dengan persentase sebesar 20%, lalu jenis cacat FMIS dengan persentase sebesar 13%, kemudian jenis cacat DPL dengan persentase sebesar 9%, selanjutnya jenis cacat BUV dan FMOS *rubber punching* masing-masing dengan persentase sebesar 7%. Keenam jenis cacat ini merupakan masalah yang paling

dominan karena memiliki persentase kumulatif sebesar 79%. Aturan 80/20 dalam diagram pareto menyatakan bahwa 80% masalah disebabkan oleh 20% penyebab. Dengan demikian, penyelesaian masalah dilakukan terhadap keenam jenis cacat *tube* 811X tersebut karena memenuhi aturan 80/20 dalam diagram pareto.

5.2 Analisis Bobot Prioritas Kriteria

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui prioritas setiap kriteria yang dipertimbangkan dalam metode MAFMA, yaitu kriteria *severity*, *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, dan *expected cost*. Kriteria *severity* menunjukkan tingkat keparahan dari efek yang ditimbulkan suatu kegagalan. Kriteria *chance of failure (occurrence)* menunjukkan tingkat kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan. Kriteria *chance of non-detection (detection)* menunjukkan kontrol yang dilakukan saat ini untuk mendeteksi kegagalan. Sedangkan kriteria *expected cost* menggambarkan perkiraan biaya yang harus dikeluarkan jika terjadi kegagalan.

Prioritas masing-masing kriteria ditentukan berdasarkan pada bobotnya. Bobot kriteria pada dasarnya menunjukkan besarnya pengaruh kriteria tersebut terhadap tujuan. Semakin besar bobot suatu kriteria maka semakin tinggi prioritasnya atau semakin besar pengaruh kriteria tersebut terhadap tujuan. Bobot kriteria yang semakin kecil menunjukkan bahwa kriteria tersebut memiliki pengaruh yang kecil terhadap tujuan dan semakin rendah prioritasnya. Dalam hal ini, tujuan yang ditetapkan adalah memilih penyebab kegagalan (*cause of failure selection*) yang paling potensial.

Penentuan bobot kriteria dilakukan dengan menyebarkan kuesioner penilaian perbandingan berpasangan menggunakan skala AHP yang diisi oleh dua responden, yaitu manajer seksi QA sebagai responden 1 dan staf ahli *tube* seksi QA sebagai responden 2 yang merupakan informan inti untuk produk *tube*. Hasil penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria kemudian diuji konsistensinya. Hasil uji konsistensi menunjukkan bahwa penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria yang telah dihitung nilai rata-rata geometriknya (*geometric mean*)

konsisten dengan nilai $CR = 0,0110$ ($CR \leq 0,1$), sehingga penilaian dapat diterima. Perhitungan lengkap uji konsistensi kriteria dapat dilihat pada lampiran G. Hasil penilaian antar kriteria yang telah diuji konsistennya ditransformasi ke dalam bilangan *fuzzy* menggunakan skala TFN dan dihitung bobotnya dengan pendekatan *Fuzzy* AHP. Bobot masing-masing kriteria setelah diurutkan dari bobot terbesar sampai terkecil dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Urutan Prioritas Kriteria

Kriteria	Bobot	Urutan Prioritas
<i>Severity</i>	0,354	1
<i>Expected cost</i>	0,297	2
<i>Chance of Non-Detection (Detection)</i>	0,195	3
<i>Chance of Failure (Occurrence)</i>	0,152	4

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa kriteria *severity* menempati prioritas pertama dengan bobot 0,354. Prioritas kedua ditempati oleh kriteria *expected cost* dengan bobot 0,297. Prioritas ketiga ditempati oleh kriteria *chance of non-detection (detection)* dengan bobot 0,195. Prioritas keempat atau prioritas terendah ditempati oleh kriteria *chance of failure (occurrence)* dengan bobot 0,153. Kriteria *severity* yang mendapatkan bobot paling besar menunjukkan bahwa kriteria *severity* memiliki tingkat kepentingan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tiga kriteria lainnya atau memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap tujuan yaitu memilih penyebab kegagalan (*cause of failure selection*). Responden menilai bahwa tingkat keparahan (*severity*) dari efek yang ditimbulkan suatu kegagalan perlu mendapat perhatian lebih. Jika efek kegagalan dirasakan atau disadari oleh konsumen internal, yaitu proses selanjutnya maka perusahaan dapat melakukan tindakan korektif untuk menghilangkan efek tersebut. Namun, jika efek kegagalan dirasakan atau disadari oleh konsumen eksternal, yaitu konsumen akhir dan terjadi secara berkelanjutan maka memungkinkan perusahaan mendapat citra yang buruk di mata pelanggan.

5.3 Analisis Bobot Prioritas Alternatif Di Setiap Kriteria

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui prioritas setiap alternatif penyebab kegagalan yang teridentifikasi dengan metode FMEA di setiap kriteria. Hasil identifikasi penyebab kegagalan dengan metode FMEA menghasilkan enam jenis penyebab kegagalan, yaitu *over pressing* (*Cause A*), belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika rusak (*Cause B*), mesin *vacuum abnormal* (*Cause C*), jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*), *seal piston aus* (*Cause E*), dan tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube radius* (*Cause F*). Bobot setiap alternatif penyebab kegagalan menunjukkan prioritasnya terhadap tujuan yaitu memilih penyebab kegagalan (*cause of failure selection*) yang paling potensial. Semakin besar bobot suatu alternatif maka semakin tinggi prioritasnya. Sebaliknya, semakin kecil bobot alternatif maka semakin rendah prioritasnya. Prioritas alternatif di setiap kriteria diuraikan sebagai berikut:

5.3.1 Bobot Prioritas Alternatif Di Kriteria *Severity*

Bobot alternatif penyebab kegagalan di kriteria *severity* dievaluasi dengan menormalisasi faktor kuantitatifnya yang diperoleh melalui metode FMEA, sehingga didapat nilai *local priority*. Nilai *local priority* alternatif di kriteria *severity* dikalikan dengan bobot kriteria *severity* sehingga diperoleh nilai *total priority* alternatif di kriteria *severity*. *Total priority* mewakili bobot alternatif pada kriteria yang dievaluasi. Bobot setiap alternatif di kriteria *severity* setelah diurutkan dari bobot terbesar sampai terkecil dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Urutan Prioritas Alternatif Di Kriteria *Severity*

Kriteria	Alternatif	Bobot	Urutan Prioritas
<i>Severity</i>	<i>Cause D</i>	0,091	1
	<i>Cause A</i>	0,057	2
	<i>Cause C</i>	0,057	2
	<i>Cause E</i>	0,057	2
	<i>Cause F</i>	0,057	2
	<i>Cause B</i>	0,034	3

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 5.2 menunjukkan bahwa alternatif *Cause D* di kriteria *severity* menempati prioritas pertama dengan bobot 0,091. Prioritas kedua ditempati oleh alternatif *Cause A*, *Cause C*, *Cause E*, dan *Cause F* dengan bobot 0,057. Prioritas ketiga atau terakhir ditempati oleh alternatif *Cause B* dengan bobot 0,034. Hasil ini menunjukkan jika penyebab kegagalan dinilai berdasarkan kriteria *severity* maka alternatif *Cause D* menjadi penyebab kegagalan dengan tingkat keparahan (*severity*) tertinggi. *Cause A*, *Cause C*, *Cause E*, dan *Cause F* yang memiliki prioritas yang sama menunjukkan bahwa keempat penyebab kegagalan ini memiliki tingkat keparahan (*severity*) yang sama. *Cause B* yang memiliki prioritas terendah menunjukkan bahwa penyebab kegagalan ini memiliki tingkat keparahan (*severity*) yang paling rendah dibanding penyebab kegagalan lainnya.

5.3.2 Bobot Prioritas Alternatif Di Kriteria *Chance of Failure (Occurrence)*

Bobot alternatif penyebab kegagalan di kriteria *chance of failure (occurrence)* dievaluasi dengan menormalisasi faktor kuantitatifnya yang diperoleh melalui metode FMEA, sehingga didapat nilai *local priority*. Nilai *local priority* alternatif di kriteria *chance of failure (occurrence)* dikalikan dengan bobot kriteria *chance of failure (occurrence)* sehingga diperoleh nilai *total priority* alternatif di kriteria *chance of failure (occurrence)*. *Total priority* mewakili bobot alternatif pada kriteria yang dievaluasi. Bobot setiap alternatif di kriteria *chance of failure (occurrence)* setelah diurutkan dari bobot terbesar sampai terkecil dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Urutan Prioritas Alternatif Di Kriteria *Chance of Failure (Occurrence)*

Kriteria	Alternatif	Bobot	Urutan Prioritas
<i>Chance of Failure (Occurrence)</i>	<i>Cause A</i>	0,028	1
	<i>Cause B</i>	0,028	1
	<i>Cause E</i>	0,028	1
	<i>Cause F</i>	0,028	1
	<i>Cause C</i>	0,022	2
	<i>Cause D</i>	0,017	3

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa alternatif *Cause A*, *Cause B*, *Cause E*, dan *Cause F* di kriteria *chance of failure (occurrence)* menempati prioritas pertama dengan bobot 0,028. Prioritas kedua ditempati oleh alternatif *Cause C* dengan bobot 0,022. Prioritas ketiga atau terakhir ditempati oleh alternatif *Cause D* dengan bobot 0,017. Hasil ini menunjukkan jika penyebab kegagalan dinilai berdasarkan kriteria *chance of failure (occurrence)* maka alternatif *Cause A*, *Cause B*, *Cause E*, dan *Cause F* memiliki tingkat keterjadian (*occurrence*) yang sama, sehingga keempat alternatif ini berada pada prioritas yang sama. *Cause C* yang berada pada prioritas kedua menunjukkan bahwa penyebab kegagalan ini memiliki tingkat keterjadian (*occurrence*) di bawah *Cause A*, *Cause B*, *Cause E*, dan *Cause F*. *Cause D* yang berada pada prioritas terendah menunjukkan bahwa penyebab kegagalan ini memiliki tingkat keterjadian (*occurrence*) yang paling rendah dibanding penyebab kegagalan lainnya.

5.3.3 Bobot Prioritas Alternatif Di Kriteria *Chance of Non-Detection (Detection)*

Bobot alternatif penyebab kegagalan di kriteria *chance of non-detection (detection)* dievaluasi dengan menormalisasi faktor kuantitatifnya yang diperoleh melalui metode FMEA, sehingga didapat nilai *local priority*. Nilai *local priority* alternatif di kriteria *chance of non-detection (detection)* dikalikan dengan bobot kriteria *chance of non-detection (detection)* sehingga diperoleh nilai *total priority* alternatif di kriteria *chance of non-detection (detection)*. *Total priority* mewakili bobot alternatif pada kriteria yang dievaluasi. Bobot setiap alternatif di kriteria *chance of non-detection (detection)* setelah diurutkan dari bobot terbesar sampai terkecil dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Urutan Prioritas Alternatif Di Kriteria *Chance of Non-Detection (Detection)*

Kriteria	Alternatif	Bobot	Urutan Prioritas
<i>Chance of Non-Detection (Detection)</i>	<i>Cause F</i>	0,040	1
	<i>Cause C</i>	0,034	2
	<i>Cause D</i>	0,034	2
	<i>Cause E</i>	0,034	2
	<i>Cause A</i>	0,027	3
	<i>Cause B</i>	0,027	3

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa alternatif *Cause F* di kriteria *chance of non-detection (detection)* menempati prioritas pertama dengan bobot 0,040. Prioritas kedua ditempati oleh alternatif *Cause C*, *Cause D*, dan *Cause E* dengan bobot 0,034. Prioritas ketiga atau terakhir ditempati oleh alternatif *Cause A* dan *Cause B* dengan bobot 0,027. Pada kriteria *chance of non-detection (detection)* semakin besar bobot alternatif artinya semakin rendah kemungkinan kendali saat ini untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan sebaliknya semakin kecil bobot alternatif maka semakin tinggi kemungkinan kendali saat ini untuk mendeteksi penyebab kegagalan. Dengan demikian, jika penyebab kegagalan dinilai berdasarkan kriteria *chance of non-detection (detection)* maka alternatif *Cause F* menjadi penyebab kegagalan yang paling prioritas karena memiliki kemungkinan deteksi terendah. Sedangkan alternatif *Cause A* dan *Cause B* menjadi penyebab kegagalan yang memiliki kemungkinan deteksi tertinggi dibanding penyebab kegagalan lainnya.

5.3.4 Bobot Prioritas Alternatif Di Kriteria *Expected Cost*

Perkiraan biaya (*expected cost*) merupakan aspek ekonomi yang dihitung dengan cara perbandingan berpasangan “kualitatif”. Hal ini disebabkan karena ketidakmampuan untuk melakukan penilaian dengan tepat oleh pihak terkait misalnya staf pemeliharaan (Braglia, 2000). Oleh karena itu, penentuan bobot alternatif di kriteria *expected cost* dilakukan dengan menyebarkan kuesioner penilaian perbandingan berpasangan. Kuesioner dibuat dengan menggunakan skala AHP dan diisi oleh dua responden, yaitu manajer seksi QA sebagai responden 1 dan staf ahli *tube* seksi QA sebagai responden 2 yang merupakan

informan inti untuk produk *tube*. Hasil penilaian kemudian diuji konsistensinya. Hasil uji konsistensi menunjukkan bahwa penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif yang telah dihitung nilai rata-rata geometriknya (*geometric mean*) konsisten dengan nilai $CR = 0,0133$ ($CR \leq 0,1$) sehingga penilaian dapat diterima. Perhitungan lengkap uji konsistensi dapat dilihat pada lampiran G. Hasil penilaian antar alternatif yang telah diuji konsistennya ditransformasi ke dalam bilangan *fuzzy* menggunakan skala TFN dan dihitung bobotnya dengan pendekatan *Fuzzy AHP*. Bobot alternatif selanjutnya dikalikan dengan bobot kriteria sehingga diperoleh nilai *total priority*. *Total priority* mewakili bobot alternatif pada kriteria yang dievaluasi. Bobot setiap alternatif penyebab kegagalan di kriteria *expected cost* setelah diurutkan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Urutan Prioritas Alternatif Di Kriteria *Expected Cost*

Kriteria	Alternatif	Bobot	Urutan Prioritas
<i>Expected cost</i>	<i>Cause A</i>	0,086	1
	<i>Cause D</i>	0,072	2
	<i>Cause E</i>	0,058	3
	<i>Cause F</i>	0,040	4
	<i>Cause C</i>	0,025	5
	<i>Cause B</i>	0,016	6

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 5.5 menunjukkan bahwa alternatif *Cause A* menempati prioritas pertama dengan bobot 0,086. Prioritas kedua ditempati oleh alternatif *Cause D* dengan bobot 0,072. Prioritas ketiga ditempati oleh alternatif *Cause E* dengan bobot 0,058. Prioritas keempat ditempati oleh alternatif *Cause F* dengan bobot 0,040. Prioritas kelima ditempati oleh alternatif *Cause C* dengan bobot 0,025. Prioritas keenam atau terakhir ditempati oleh alternatif *Cause B* dengan bobot 0,016. Dengan demikian, jika penyebab kegagalan dinilai berdasarkan kriteria *expected cost* maka alternatif *Cause A* menjadi prioritas utama karena memiliki bobot paling besar dibandingkan alternatif penyebab kegagalan lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa *Cause A* memiliki unsur biaya yang paling tinggi dibandingkan alternatif penyebab kegagalan lainnya. Sedangkan alternatif *Cause*

B memiliki unsur biaya yang paling rendah dibandingkan alternatif penyebab kegagalan lainnya sehingga berada pada prioritas terendah.

5.4 Analisis Prioritas Penyebab Kegagalan Pada Metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP*

Prioritas penyebab kegagalan pada metode MAFMA ditentukan dengan mengikuti struktur hierarki MAFMA yang terdiri dari tiga level. Level pertama mewakili tujuan yaitu memilih penyebab kegagalan (*cause of failure selection*), level kedua mewakili kriteria yang terdiri dari faktor-faktor FMEA yaitu *severity*, *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, dan kriteria tambahan yaitu *expected cost*, dan level ketiga mewakili alternatif yang berisi penyebab kegagalan potensial yang teridentifikasi dengan metode FMEA. Hasil identifikasi penyebab kegagalan dengan metode FMEA menghasilkan enam jenis penyebab kegagalan, yaitu *over pressing (Cause A)*, belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika rusak (*Cause B*), mesin *vacuum abnormal (Cause C)*, jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*), *seal piston aus (Cause E)*, dan tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube radius (Cause F)*.

Bobot masing-masing kriteria dan alternatif penyebab kegagalan di kriteria *expected cost* dihitung dengan pendekatan *Fuzzy AHP*, sehingga diperoleh *total priority* masing-masing kriteria dan *local priority* setiap alternatif di kriteria *expected cost*. Bobot alternatif penyebab kegagalan di tiga kriteria "*quantifiable*" lain, yaitu *severity*, *chance of failure (occurrence)*, dan *chance of non-detection (detection)* dievaluasi dengan menormalisasi faktor kuantitatifnya, sehingga diperoleh *local priority* setiap alternatif di masing-masing kriteria. *Total priority* setiap alternatif dihitung dengan cara mengalikan *local priority* setiap alternatif di masing-masing kriteria dengan bobot kriterianya. Prioritas alternatif penyebab kegagalan dievaluasi sehubungan dengan kriteria yang dipertimbangkan dengan mengagregasi seluruh penilaian, yaitu menjumlahkan *total priority* setiap alternatif di masing-masing kriteria sehingga diperoleh *overall priority*

(*evaluation*). Hasil evaluasi prioritas penyebab kegagalan dengan metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP* dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Prioritas Penyebab Kegagalan Pada Metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP*

<i>Cause of failure</i>	<i>Evaluation</i>	Urutan Prioritas
Jadwal penggantian <i>rubber jig tool</i> kurang efektif (<i>Cause D</i>)	0,214	1
<i>Over pressing</i> (<i>Cause A</i>)	0,198	2
<i>Seal piston aus</i> (<i>Cause E</i>)	0,177	3
Tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan <i>green tube radius</i> (<i>Cause F</i>)	0,165	4
Mesin <i>vacuum abnormal</i> (<i>Cause C</i>)	0,138	5
Belum ada jadwal penggantian <i>rubber lettering</i> sehingga <i>rubber lettering</i> diganti ketika rusak (<i>Cause B</i>)	0,105	6

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Tabel 5.6 menunjukkan bahwa penyebab kegagalan jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*) menempati prioritas pertama dengan bobot 0,214. Prioritas kedua ditempati oleh penyebab kegagalan *over pressing* (*Cause A*) dengan bobot 0,198. Prioritas ketiga ditempati oleh penyebab kegagalan *seal piston aus* (*Cause E*) dengan bobot 0,177. Prioritas keempat ditempati oleh penyebab kegagalan tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube radius* (*Cause F*) dengan bobot 0,165. Prioritas kelima ditempati oleh penyebab kegagalan mesin *vacuum abnormal* (*Cause C*) dengan bobot 0,138. Prioritas keenam atau terakhir ditempati oleh penyebab kegagalan belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika rusak (*Cause B*) dengan bobot 0,105. Dengan demikian, diperoleh hasil bahwa penyebab kegagalan yang menjadi prioritas utama adalah jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*) karena memiliki bobot terbesar di antara alternatif penyebab kegagalan lainnya.

Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh metode FMEA yang menentukan prioritas kegagalannya berdasarkan pada nilai RPN. Urutan prioritas penyebab kegagalan berdasarkan nilai RPN mulai dari yang tertinggi sampai terendah

adalah penyebab kegagalan tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube* radius (*Cause F*) di urutan pertama dengan nilai RPN 150, penyebab kegagalan *seal piston* aus (*Cause E*) diurutan kedua dengan nilai RPN 125, penyebab kegagalan jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*) diurutan ketiga dengan nilai RPN 120, penyebab kegagalan *over pressing* (*Cause A*) dan mesin *vacuum* abnormal (*Cause C*) diurutan keempat dengan nilai RPN masing-masing 100, dan terakhir penyebab kegagalan belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika sudah rusak (*Cause B*) dengan nilai RPN 60. Dengan demikian, *Cause F* menjadi prioritas utama karena memiliki nilai RPN tertinggi.

Penyebab kegagalan jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*) yang menjadi prioritas utama pada metode MAFMA dengan bobot 0,213 berada pada urutan ketiga pada metode FMEA dengan nilai RPN 120. Penyebab kegagalan tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube* radius (*Cause F*) yang menjadi prioritas utama pada metode FMEA dengan nilai RPN 150, berada diurutan keempat pada metode MAFMA dengan bobot 0,165. Perbedaan hasil ini dikarenakan metode MAFMA memperhitungkan aspek biaya (*expected cost*) yang ditimbulkan suatu kegagalan, aspek yang tidak dipertimbangkan pada FMEA. Meskipun, alternatif penyebab kegagalan tersebut memiliki kesamaan dalam tingkat keseringan terjadinya kegagalan (*occurrence*), tingkat keparahan kegagalan (*severity*) dan kemungkinan terdeteksi oleh kendali saat ini (*detection*), tetapi dengan dimasukkannya unsur biaya dapat memberikan hasil yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa aspek biaya (*expected cost*) pada suatu kegagalan memiliki pengaruh yang cukup signifikan.

Perbedaan hasil juga dikarenakan metode MAFMA memperhitungkan bobot masing-masing kriteria atas setiap alternatif penyebab kegagalan, sehingga setiap penyebab kegagalan mempunyai peringkat prioritas masing-masing. Jika prioritas ditentukan berdasarkan pada nilai RPN, maka penyebab kegagalan dengan nilai RPN yang sama akan berada pada prioritas yang sama, seperti yang terjadi pada *Cause A* dan *Cause D*. Nilai RPN yang sama tersebut dalam kondisi nyata menimbulkan representasi risiko yang berbeda sehingga dapat menimbulkan

kesulitan bagi para pengambil keputusan dalam menentukan prioritas risiko kegagalan yang terjadi.

5.5 Analisis Usulan Perbaikan Penyebab Kegagalan

Analisis usulan perbaikan dilakukan terhadap semua penyebab kegagalan yang teridentifikasi sebagai umpan balik bagi perusahaan. Namun dalam penerapannya mengikuti urutan prioritas yang diperoleh dari metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP* dan disesuaikan kembali dengan kebijakan PT BSIN. Usulan perbaikan yang diberikan hanya sampai pada usulan perbaikan yang dapat diimplementasikan oleh perusahaan.

5.5.1 Usulan Perbaikan *Cause A*

Penyebab kegagalan *over pressing (Cause A)* pada proses *extruding (strainer)* adalah kondisi yang menyatakan bahwa tekanan pada *strainer* melebihi batas normal. Tekanan normal pada *strainer* adalah 45–120 ampere. *Over pressing* ini memicu gumpalan material asing hasil penyaringan menerobos masuk dan akhirnya dapat merusak saringan mesh 40-10, saringan yang digunakan untuk menyaring material asing pada *compound*.

Langkah preventif telah dibuat perusahaan untuk mencegah *over pressing* dengan menetapkan jadwal pengecekan ampere motor dinamo untuk memonitor *pressing*. Pengecekan dilakukan setiap awal pergantian *shift* dan waktu setelah istirahat yang dilakukan oleh operator yang bertugas pada *shift* tersebut. Rentang waktu pengecekan antara awal pergantian *shift* ke waktu pengecekan setelah istirahat adalah 4 jam 35 menit, sedangkan rentang waktu pengecekan antara setelah istirahat ke pergantian *shift* selanjutnya adalah 3 jam 25 menit. Operator juga diperlengkapi dengan lembar periksa saat melakukan pengecekan tetapi lembar periksa saat ini hanya terdiri atas kolom OK dan NG. Kolom OK untuk kondisi *strainer* baik dan kolom NG untuk kondisi *strainer* tidak baik. Namun pada pelaksanaannya, lembar periksa ini tidak berjalan, sehingga tidak ada dokumentasi pada *strainer*.

Oleh karena efek akhir yang ditimbulkan penyebab kegagalan ini merupakan jenis cacat dominan yaitu cacat *Foreign Material Inside (FMIS)* berdasarkan pada data jumlah cacat periode April 2014–Maret 2015, maka usulan perbaikan yang diberikan adalah menambah waktu pengecekan di antara waktu pengecekan yang telah ada dan mengaktifkan kembali lembar periksa serta memperbaharui formatnya. Kepala lapangan harus menekankan kepada operator agar membawa dan mengisi lembar periksa tersebut ketika melakukan pengecekan sehingga ada dokumentasi mengenai kondisi *strainer* bukan hanya berupa laporan verbal. Format lembar periksa yang diusulkan dan telah dilengkapi dengan waktu pengecekan terbaru dapat dilihat pada Gambar 5.1.

Shift	Waktu Pengecekan		Kondisi <i>Strainer</i>		Operator	Keterangan
			OK	NG		
I	Pukul	08.10 WIB				
		10.25 WIB				
		12.45 WIB				
		14.25 WIB				
II		16.10 WIB				
		18.25 WIB				
		20.45 WIB				
		22.25 WIB				
III		00.10 WIB				
		02.25 WIB				
		04.45 WIB				
		06.25 WIB				

Gambar 5.1 Usulan Format Lembar Periksa *Strainer*

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

5.5.2 Usulan Perbaikan *Cause B*

Cause B adalah penyebab kegagalan yang ada pada proses *extruding (printing)* yaitu belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika rusak. *Rubber lettering* adalah bagian dari *plat size* yang berfungsi untuk mencetak kode *pattern tube* pada *green tube*. Menurut hasil wawancara dengan staf ahli *tube*, saat ini belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* yang ditetapkan perusahaan sehingga penggantian dilakukan ketika *rubber lettering* rusak. Kerusakan pada *rubber lettering* umumnya disebabkan

oleh umur pakai yang telah habis (aus). Rentang waktu *rubber lettering* rusak (aus) adalah setiap 2–3 bulan.

Perusahaan belum menetapkan jadwal penggantian *rubber lettering* karena menilai bahwa efek akhir yang ditimbulkan penyebab kegagalan ini hanya berpengaruh pada tampilan (*appearance*), yaitu jenis *Defect Printing Lettering* (DPL) dan sebagai kendali dilakukan gendo mihon, yaitu pengecekan kesesuaian *rubber lettering* dengan jenis produk yang diproses sebelum memulai proses *printing*. Meskipun dampak yang ditimbulkan hanya mempengaruhi tampilan, tetapi alangkah baiknya jika perusahaan tetap mencegah sekecil apapun suatu kegagalan sekalipun tidak mempengaruhi fungsi utama produk *tube 811X*, karena pada kondisi nyata tampilan menjadi salah satu pertimbangan konsumen dalam membeli produk. Oleh sebab itu itu, usulan perbaikan yang diberikan untuk penyebab kegagalan ini adalah menetapkan jadwal penggantian *rubber lettering* setiap 2 bulan sekali. Usulan ini diberikan dengan mengikuti jejak rekam kerusakan *rubber lettering*.

5.5.3 Usulan Perbaikan Cause C

Penyebab kegagalan mesin *vacuum abnormal* (Cause C) pada proses *extruding* (*auto punching*) merupakan kondisi yang menyatakan mesin *vacuum* tidak menghasilkan tekanan (*pressing*) yang normal. Tekanan normal yang seharusnya dihasilkan mesin *vacuum* adalah 0,5–0,7 atm. Jika tekanan kurang maka mengakibatkan *inhalator vacuum abnormal*. *Inhalator* adalah alat yang berfungsi untuk melakukan *punching* (melubangi) tempat dipasangnya *valve* pada *green tube*. *Inhalator vacuum* yang abnormal membuat *rubber* hasil *punching* terperangkap pada *vacuum* sehingga membuat *vacuum* tersumbat. *Vacuum* yang tersumbat dapat mengakibatkan cacat *Foreign Material Outside* (FMOS) *rubber punching* yaitu cacat akibat adanya sisa *rubber* pada sisi luar *tube*.

Hasil wawancara dengan staf ahli *tube* menghasilkan informasi bahwa mesin *vacuum* merupakan wewenang pihak *utility* sehingga jika terjadi ketidaksesuaian langkah yang dilakukan pihak seksi *tube* adalah melapor pihak *utility*. Pendeteksian yang dilakukan pihak seksi *tube* saat ini adalah dengan

mengecek *vacuum gauge*. *Vacuum gauge* adalah alat ukur diagnostik yang dipasang pada mesin *punching* untuk mendeteksi *trouble shooting*. Berdasarkan informasi tersebut, usulan perbaikan yang diberikan untuk penyebab kegagalan ini adalah meningkatkan aktivitas *check and confirmation* (2C) antara operator dengan pihak seksi *tube* dan pihak seksi *tube* dengan pihak *utility*, sehingga penyebab kegagalan bisa dicegah saat *vacuum gauge* menunjukkan gejala *trouble shoot* dan secara bersamaan langsung melakukan konfirmasi dengan pihak *utility*.

5.5.4 Usulan Perbaikan Cause D

Cause D adalah penyebab kegagalan yang terdapat pada proses *extruding* (*auto valve*) berupa jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif. *Rubber jig tool* adalah bantalan karet yang dipasang pada *jig tool* di mesin *auto valve*. *Rubber jig tool* berfungsi untuk menahan *valve* dan mencegah gesekan antara *jig tool* dengan *green tube* saat dilakukan proses *auto valve*. Jadwal penggantian *rubber jig tool* yang ditetapkan perusahaan saat ini adalah *rubber jig tool* diganti setiap 2 tahun sekali atau saat *rubber jig tool* aus, tergantung kondisi yang lebih dahulu tercapai. Efek akhir dari digunakannya *rubber jig tool* aus adalah jenis cacat *Blister Under Valve* (BUV) yaitu cacat akibat terperangkapnya udara pada area bawah *valve*. Hal tersebut terjadi karena *rubber jig tool* yang aus tidak dapat menahan *valve* dengan kuat sehingga posisi *valve* bergeser saat akan dipasangkan ke *green tube*. Posisi *valve* yang bergeser membuat sebagian lubang hasil *punching* yang merupakan tempat untuk mengisi angin tertutup *valve*. Jika cacat BUV terjadi maka *tube* berakhir sebagai *scrap*.

Menurut hasil wawancara dengan staf ahli *tube*, penggantian *rubber jig tool* yang cenderung dilakukan selama ini adalah *rubber jig tool* diganti ketika sudah aus. Hal tersebut dilakukan, karena pihak *engineering mechanic* selaku pihak yang bertugas melakukan perawatan dan penggantian komponen-komponen mesin menilai kondisi *rubber jig tool* pada tahun kedua masih bagus dan umumnya *rubber jig tool* baru bermasalah setelah 3,5 tahun pemakaian. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kebijakan jadwal penggantian *rubber jig tool* yang ditetapkan perusahaan kurang efektif, karena tidak disesuaikan dengan

pengalaman yang ada. Oleh sebab itu, usulan perbaikan yang diberikan untuk penyebab kegagalan ini adalah mengubah jadwal penggantian *rubber jig tool* menjadi setiap 3,5 tahun sekali. Usulan ini diberikan dengan mengikuti jejak historis kerusakan *rubber jig tool*.

5.5.5 Usulan Perbaikan Cause E

Cause E adalah penyebab kegagalan *seal piston aus* yang terdapat pada proses *splicing*. *Seal piston* berfungsi untuk mencegah terlalu banyaknya udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang fluida. *Seal piston* yang aus mengakibatkan tekanan ke *press clamp* menjadi berkurang karena terjadi kebocoran. Tekanan standar yang dibutuhkan untuk *press joint splice* adalah 3,5–5,0 kgm. Tekanan yang kurang dari standar menyebabkan *press clamp* tidak bekerja dengan normal (*error*) dan akibatnya dapat menimbulkan cacat *Defective Splice Side Gauge* (DSSG). Menurut hasil wawancara dengan staf ahli *tube*, kondisi aus pada *seal piston* disebabkan oleh dua hal, yaitu kotor dan pemakaian. Oleh karena kegiatan perawatan dan penggantian merupakan wewenang *engineering mechanic*, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan untuk penyebab kegagalan ini adalah pihak *engineering mechanic* harus melakukan perawatan rutin terhadap *seal piston* untuk menjaga kebersihan dan kinerja *seal piston*. Sedangkan dari sisi pemakaian adalah mengganti *seal piston* sesuai umur pakainya yang dari hasil wawancara diketahui bahwa umur pakai *seal piston* umumnya adalah 4 bulan.

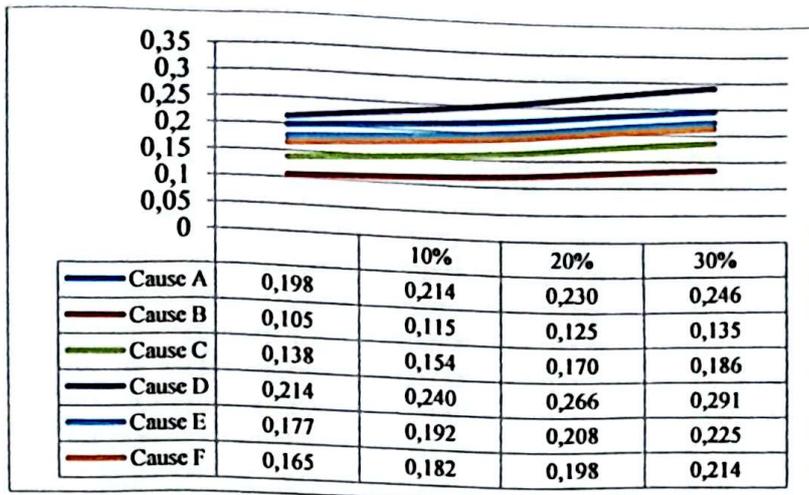
5.5.6 Usulan Perbaikan Cause F

Cause F adalah penyebab kegagalan yang terdapat pada proses *splicing* (*booking*) berupa tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube* radius. Saat proses *booking*, *green tube* harus terlebih dahulu dilipat sebelum diletakan ke daisha. Operator selama ini melipat *green tube* hanya berdasarkan pada pengalaman kerja sehari-hari sehingga tidak jarang membuat lipatan yang tidak radius pada *green tube*. Lipatan yang tidak radius pada *green tube* dapat menimbulkan cacat *Folded Trail* (FDT) pada *tube*. Struktur *green tube* yang lunak dan adanya gaya gravitasi membuat area lipatan pada *green tube* mudah patah saat

berada di daisha. Kendali yang dilakukan saat ini adalah mengubah posisi *green tube* di daisha secara berkala yang dilakukan oleh operator. Namun hal ini tidak efektif karena operator harus melakukan pekerjaan utamanya sehingga seringkali tindakan ini tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, untuk mengatasi penyebab kegagalan ini diberikan usulan perbaikan yaitu menyediakan alat bantu bagi operator. Alat bantu yang diusulkan adalah paralon. Paralon digunakan oleh operator saat *booking* untuk membantu membuat lipatan radius pada *green tube* serta mempertahankan posisi *green tube* selama di daisha.

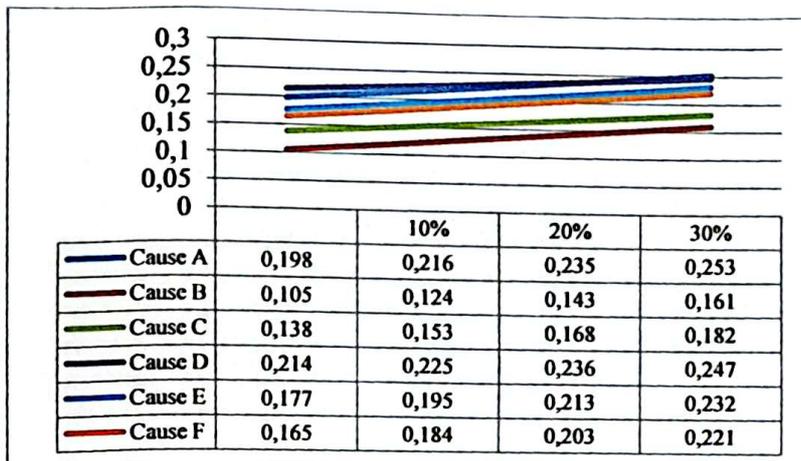
5.6 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengidentifikasi dampak perubahan prioritas kriteria terhadap hasil evaluasi setiap alternatif penyebab kegagalan. Untuk mengeksplorasi respon dari solusi model (yaitu solusi ketahanan/*robustness*) terhadap pergeseran potensial dalam prioritas strategi desainer, serangkaian analisis sensitivitas terhadap bobot kriteria dapat dilakukan dengan mengubah prioritas (kepentingan relatif) dari bobot. Faktanya, setiap kriteria ditandai dengan tingkat kepentingan dari sensitivitas, dengan kata lain peringkat semua penyebab kegagalan berubah secara dramatis atas seluruh rentang bobot (Min dan Melachrinoudis, 999 dalam Braglia, 2000). Masalahnya adalah untuk mengontrol apakah beberapa perubahan dalam evaluasi penilaian dapat menyebabkan modifikasi yang signifikan dalam prioritas peringkat akhir atau tidak. Untuk alasan ini, analisis sensitivitas digunakan untuk menyelidiki sensitivitas alternatif terhadap perubahan prioritas kriteria langsung di bawah tujuan. Analisis yang diusulkan di sini menekankan pada prioritas dari empat kriteria dalam model MAFMA dan bagaimana mengubah prioritas satu kriteria mempengaruhi prioritas yang lain (Braglia, 2000). Analisis sensitivitas dilakukan dengan menaikkan bobot kriteria sebesar 10%, 20%, dan 30%. Analisis sensitivitas pada kriteria *severity*, *chance of failure (occurrence)*, *chance of non-detection (detection)*, dan *expected cost* dapat dilihat pada Gambar 5.2 sampai dengan 5.5.



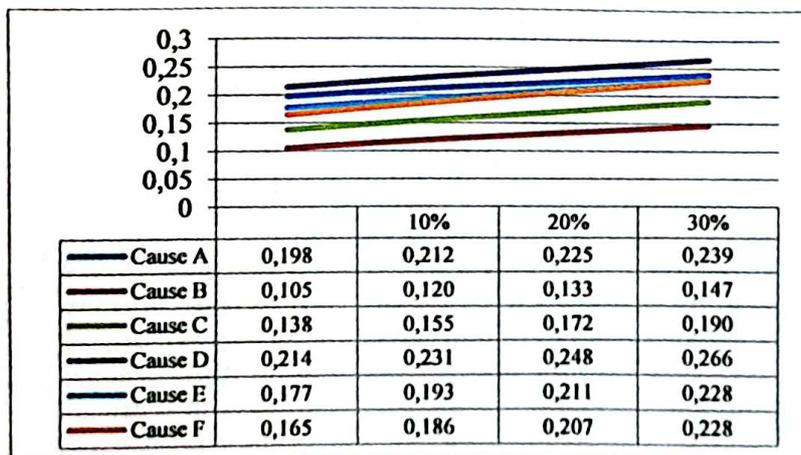
Gambar 5.2 Grafik Analisis Sensitivitas Kriteria *Severity*

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)



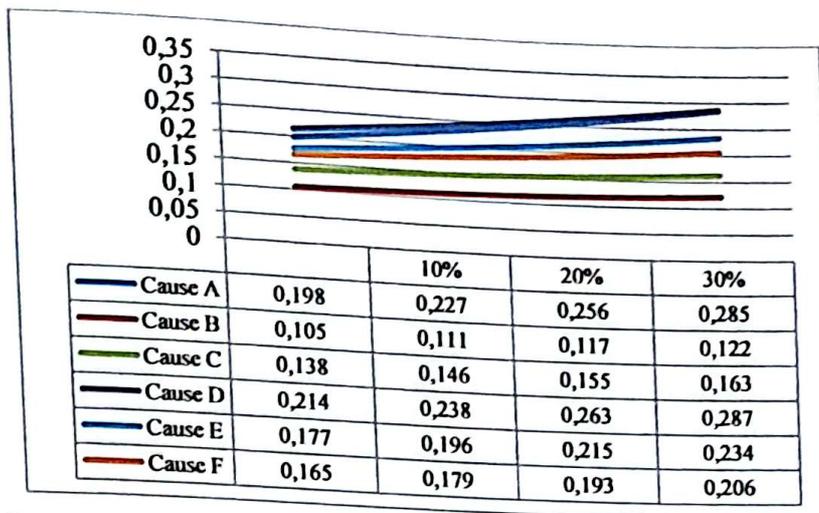
Gambar 5.3 Grafik Analisis Sensitivitas Kriteria *Chance of Failure (Occurrence)*

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)



Gambar 5.4 Grafik Analisis Sensitivitas Kriteria *Chance of Non-Detection (Detection)*

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)



Gambar 5.5 Grafik Analisis Sensitivitas Kriteria *Expected Cost*

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Gambar 5.2, Gambar 5.4, dan Gambar 5.5 menunjukkan bahwa ketika bobot kriteria *severity*, *chance of non-detection (detection)* dan *expected cost* dinaikkan sebesar 10%, 20%, lalu 30% tidak mengubah urutan prioritas, *Cause D* tetap menjadi penyebab kegagalan yang paling prioritas.

Hasil yang berbeda terjadi pada kriteria *chance of failure (occurrence)*. Gambar 5.3 menunjukkan bahwa ketika bobot kriteria *chance of failure (occurrence)* dinaikkan sebesar 10% dan 20% tidak mengubah urutan prioritas, *Cause D* tetap menjadi penyebab kegagalan yang paling prioritas. Namun ketika bobot kriteria *chance of failure (occurrence)* dinaikkan sebesar 30% terjadi perubahan prioritas. Perubahan ini membuat *Cause A* menjadi penyebab kegagalan yang paling prioritas. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif sensitif terhadap perubahan besar yang terjadi pada prioritas kriteria *chance of failure (occurrence)*.

Analisis ini menunjukkan bahwa penyebab kegagalan yang paling prioritas (*Cause D*) cukup kuat (*robust*). Bahkan, umumnya perlu diberikan perubahan besar pada kriteria untuk mendapatkan penyebab kegagalan yang lebih prioritas dari *Cause D*. Pemilihan *Cause D* oleh metode MAFMA sebagai penyebab kegagalan yang paling prioritas dapat diterima dengan tingkat kepercayaan yang baik.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini ditarik beberapa kesimpulan yang menjadi jawaban atas tujuan penelitian disertai dengan beberapa saran yang dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan maupun penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data serta analisis dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya dengan menggunakan metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP* adalah:

1. Hasil identifikasi jenis kegagalan potensial serta penyebabnya yang sering terjadi pada proses produksi *tube 811X* dengan menggunakan metode FMEA menghasilkan enam jenis kegagalan potensial, yaitu;
 - Jenis kegagalan potensial saringan mesh 40-10 rusak yang terdapat pada proses *extruding (strainer)* disebabkan oleh *over pressing*,
 - Jenis kegagalan potensial *rubber lettering* rusak yang terdapat pada proses *extruding (printing)* disebabkan oleh belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika sudah rusak,
 - Jenis kegagalan potensial *vacuum* tersumbat yang terdapat pada proses *extruding (auto punching)* disebabkan oleh mesin *vacuum* abnormal,
 - Jenis kegagalan potensial *rubber jig tool* aus yang terdapat pada proses *extruding (auto valve)* disebabkan oleh jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif,
 - Jenis kegagalan potensial *press clamp error* yang terdapat pada proses *splicing* disebabkan oleh *seal piston* aus, dan
 - Jenis kegagalan potensial lipatan tidak radius yang terdapat pada proses *splicing (booking)* disebabkan oleh tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube* radius.

2. Urutan prioritas penyebab kegagalan potensial dari proses produksi *tube* 811X berdasarkan hasil pembobotan menggunakan metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP* adalah sebagai berikut;
 - Prioritas pertama ditempati oleh penyebab kegagalan jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*) dengan bobot 0,214,
 - Prioritas kedua ditempati oleh penyebab kegagalan *over pressing* (*Cause A*) dengan bobot 0,198,
 - Prioritas ketiga ditempati oleh penyebab kegagalan *seal piston aus* (*Cause E*) dengan bobot 0,177,
 - Prioritas keempat ditempati oleh penyebab kegagalan tidak ada alat yang membantu operator membuat lipatan *green tube radius* (*Cause F*) dengan bobot 0,165,
 - Prioritas kelima ditempati oleh penyebab kegagalan mesin *vacuum abnormal* (*Cause C*) dengan bobot 0,138, dan
 - Prioritas keenam ditempati oleh penyebab kegagalan belum ada jadwal penggantian *rubber lettering* sehingga *rubber lettering* diganti ketika rusak (*Cause B*) dengan bobot 0,105.
3. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengatasi penyebab kegagalan potensial yang paling prioritas dari proses produksi *tube* 811X yaitu jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*) pada proses *extruding (auto valve)* adalah dengan mengubah jadwal penggantian *rubber jig tool* menjadi setiap 3,5 tahun sesuai dengan data histori kerusakan *rubber jig tool*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis, dan kesimpulan maka dapat dikemukakan beberapa saran yang dapat dipertimbangkan oleh perusahaan dalam upaya pengendalian kualitas produk *tube* 811X maupun bagi penelitian selanjutnya. Saran-saran yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat menerapkan metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP* untuk mengidentifikasi jenis kegagalan potensial dan penyebabnya pada

proses produksi *tube* lainnya serta menentukan prioritasnya. Perusahaan sebaiknya juga menetapkan tindakan pencegahan yang tepat untuk mencegah penyebab kegagalan potensial sehingga kegagalan dapat dicegah sedini mungkin. Dengan demikian diharapkan jumlah unit cacat *tube* dapat berkurang dari waktu ke waktu.

2. Pada penelitian selanjutnya, aplikasi metode MAFMA dengan Pendekatan *Fuzzy AHP* dapat lebih dikembangkan misalnya dengan menambahkan kriteria atau subkriteria yang digunakan dalam menentukan prioritas penyebab kegagalan.
3. Perusahaan dapat melakukan langkah pengendalian kualitas pada produk *tube* 811X dengan memfokuskan perbaikan pada penyebab kegagalan potensial yang telah teridentifikasi berdasarkan prioritasnya melalui penerapan usulan-usulan perbaikan yang diberikan, seperti mengubah jadwal penggantian *rubber jig tool* menjadi setiap 3,5 tahun untuk mengatasi penyebab kegagalan potensial jadwal penggantian *rubber jig tool* kurang efektif (*Cause D*) pada proses *extruding (auto valve)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, Y. 2012. *Pendekatan Triangular Fuzzy Number Dalam Metode Analytic Hierarchy Process*. Jurnal Ilmiah Foristek Vol. 2, No. 1:126–135.
- Braglia, M. 2000. *MAFMA: Multi Attribute Failure Mode Analysis*. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 17 No. 9, pp. 1017–1033.
- Chang, D. Y. 1996. *Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP*. European Journal of Operational Research 95:649-655.
- Chrysler Corp., Ford Motor Co., and General Motors Corp. 1995. *Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Reference Manual, 2nd Edition Equivalent to SAE J-1739*. Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation.
- Gaspersz, V. 2002. *Total Quality Management*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- _____. 2009. *Total Quality Management (TQM) Untuk Praktisi Bisnis dan Industri*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hetharia, D. 2009. *Penerapan Fuzzy Analytic Hierarchy Process Dalam Metode Multi Attribute Failure Mode Analysis Untuk Mengidentifikasi Penyebab Kegagalan Potensial Pada Proses Produksi*. Jurnal TI Vol. IV No. 2:106–113.
- Jasril, Haerani, E. dan Afrianty, I. 2011. *Sistem Pendukung Keputusan (SPK) Pemilihan Karyawan Terbaik Menggunakan Metode Fuzzy AHP (F-AHP)*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, Yogyakarta, F-36–F-43.
- Juran, J. M. 1995. *Kepemimpinan Mutu*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo.
- Kusumadewi, S. dan Guswaludin, I. 2005. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Media Informatika, Vol. 3, No. 1:25–39.

- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., dan Wardoyo, R. 2006. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Marimin. 2004. *Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Mitra, A. 1993. *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Rusmiati, E. 2012. *Penerapan Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy FMEA) Dalam Mengidentifikasi Kegagalan Pada Proses Produksi Di PT Daesol Indonesia*. Jurnal Teknologi dan Manajemen Volume 10, No. 2:1–21.
- Saaty, T. L. 1991. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo.
- Sari, R. dan Listyorini, T. 2013. *Analisis Statistik Untuk Pengukuran Nilai Pembelajaran Logika Informatika*. Jurnal SIMETRIS, Vol. 4, No. 1:71–81.
- Stamatis, D. H. 2003. *Failure Mode and Effect Analysis: From Theory To Execution, 2nd Edition*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Suryadi, K. dan Ramdhani, M. A. 2000. *Sistem Pendukung Keputusan, Suatu Wacana Struktural Idealisasi dan Implementasi Konsep Pengambilan Keputusan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.