

**USULAN PERBAIKAN KUALITAS PADA PROSES PRODUKSI
PUMPING UNIT DENGAN MENGGUNAKAN METODE MAFMA
(MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS)
DI PT BUKAKA TEKNIK UTAMA**

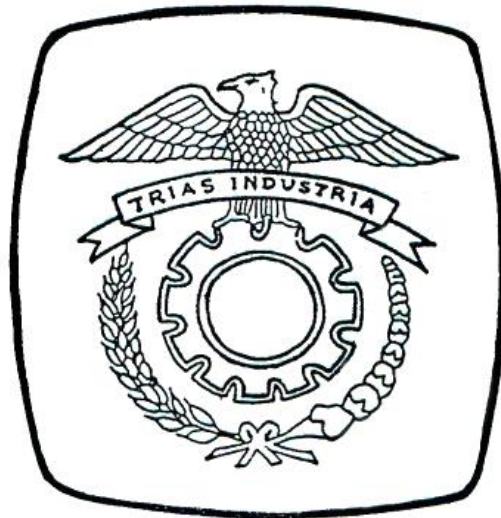
TUGAS AKHIR

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

Disusun Oleh :

RINA ENGGAR WATY

NIM : 1111053



**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

2016

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI.

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR : “USULAN PERBAIKAN KUALITAS PADA PROSES PRODUKSI *PUMPING UNIT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE MAFMA (*MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS*) DI PT BUKAKA TEKNIK UTAMA”

DISUSUN OLEH :
NAMA : RINA ENGGAR WATY
NIM : 1111053
PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI pada hari Kamis, 22 September 2016.

Jakarta, September 2016

Penguji 1,

Penguji 2,

Hendi Dwi Hardiman, S.ST., MT

Siti Aisyah, ST., MT

Penguji 3,

Penguji 4,

Muhamad Agus, ST., MT

Wilda Sukmawati, ST., MT

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

TANDA PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR : USULAN PERBAIKAN KUALITAS PADA
PROSES PRODUKSI *PUMPING UNIT* DENGAN
MENGUNAKAN METODE MAFMA (*MULTI
ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS*) DI PT
BUKAKA TEKNIK UTAMA

DISUSUN OLEH :
NAMA : RINA ENGGAR WATY
NIM : 1111053
PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI

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

Jakarta, 15 Januari 2016

Dosen Pembimbing

Siti Aisyah, ST, MT

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Program Studi Teknik dan Manajemen Industri, POLITEKNIK STMI JAKARTA, KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

Nama : Rina Enggar Waty

NIM : 1111053

Program Studi : Teknik dan Manajemen Industri

Dengan ini menyatakan bahwa hasil Tugas Akhir yang saya buat dengan judul :
USULAN PERBAIKAN KUALITAS PADA PROSES PRODUKSI PUMPING UNIT DENGAN MENGGUNAKAN METODE MAFMA (MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS) DI PT BUKAKA TEKNIK UTAMA

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan literatur hasil kuliah, buku, dan jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini, serta survei lapangan dan asistensi dengan Dosen Pembimbing.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan untuk mendapatkan gelar Sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian tertentu digunakan sebagai referensi pendukung dan sumber informasi dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti di atas, maka tugas akhir ini dibatalkan.

Jakarta, 15 Januari 2016

Yang Membuat Pernyataan

(Rina Enggar Waty)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Dengan kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih yang begitu besar kepada kedua orang tua Bapak Karna dan Ibu Rusminah yang dengan penuh kesabaran telah mengasuh dan mendidik penulis sejak kecil, serta berkat do'a, cinta, dan kasih sayangnya penulis mampu menyelesaikan pendidikan ini. Penulis mengambil judul **“Usulan Perbaikan Kualitas Pada Proses Produksi *Pumping Unit* Dengan Menggunakan Metode MAFMA (*Multi Attribute Failure Mode Analysis*) Di PT Bukaka Teknik Utama”** dan diajukan guna memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Diploma IV jurusan Teknik dan Manajemen Industri, Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak memperoleh bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

- Bapak DR. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
- Bapak DR. Ridzky Kramandita S.kom., M.T., selaku Pembantu Direktur I Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
- Bapak Muhamad Agus, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
- Ibu Siti Aisyah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan ilmu, arahan, dan dukungan kepada penulis sehingga bermanfaat nantinya di masa yang akan datang.
- Ibu Dra. Paizah, MBA, selaku dosen penasihat akademik penulis yang telah memberikan ilmu dan dukungan bagi penulis selama masa perkuliahan.
- Seluruh dosen, staf, dan karyawan Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

- Bapak Slamet selaku Kepala Unit Usaha *Oil and Gas Equipment (OGE)* di PT Bukaka Teknik Utama yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan Praktek Kerja Lapangan.
- Bapak Junjung Susana, Bapak Pujo, Bapak Amir Hamzah, dan Bapak Supartimin, Bapak Adi Pradana, dan seluruh staf di Unit Usaha *Oil and Gas Equipment* PT Bukaka Teknik Utama yang telah memberikan ilmu mengenai proses produksi serta semua hal yang berhubungan dengan produksi *Pumping Unit*.
- Bapak Chandra Nur Iman selaku bagian *Quality Assurance* sekaligus pembimbing selama Praktek Kerja Lapangan yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam melaksanakan Praktek Kerja Lapangan.
- Teman-teman seperjuangan peminatan Manajemen Kualitas, SARAS, Asyifa Anggraeni, Vinysha Magaretha, Sinta Dewi Khoirunnisa, Fadhillah Hanifati Mitsalina, Sabriani Agustin, dan Wahyuni Devi Cutra yang tidak henti memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
- Rekan-rekan seperjuangan dari Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
- Semua pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Besar harapan penulis agar laporan penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi pembelajaran bagi proses-proses penelitian berikutnya.

Bogor, 15 Januari 2016

Penulis

ABSTRAK

Unit usaha *Oil and Gas Equipment (OGE)* merupakan salah satu unit usaha pada PT Bukaka Teknik Utama (PT BTU) yang memproduksi *pumping unit* (pompa angguk) dalam berbagai tipe untuk keperluan penyedotan minyak bumi dengan sistem *job order*. Pada setiap kegiatan produksi *pumping unit* masih mengalami kendala diantaranya terdapat beberapa *part* produk yang tidak sesuai spesifikasi. Hal itu disebabkan oleh ketidakstabilan kemampuan proses dalam menghasilkan produk *pumping unit* sehingga mengganggu jalannya kegiatan proses produksi. Berdasarkan data *Non Conformance Report (NCR)* terdapat 15 jenis kegagalan pada proses produksi sehingga beberapa *part* harus dilakukan perbaikan atau pengerjaan ulang. Hal ini menyebabkan terganggunya waktu produksi serta menimbulkan biaya. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan dengan mengimplementasikan beberapa usulan yang dapat meningkatkan kualitas proses produksi dengan menggunakan metode *MAFMA (Multi Attribute Failure Mode Analysis)*. Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis didapatkan potensi-potensi penyebab kegagalan dan nilai prioritas diantaranya Penyebab A (Operator mendapat informasi pengerjaan tinggi rahang *crank* di *passing* asal rata saja) = 0,1284, Penyebab B (Terjadi pergeseran pada inti cor) = 0,1226, Penyebab C (Mata tap yang digunakan saat pengetapan sudah tumpul sehingga hasil kurang maksimal) = 0,1132, Penyebab D (Proses pengerjaan dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin, terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah/tidak sesuai gambar) = 0,1177, Penyebab E (Metode inspeksi penerimaan material masih secara visual) = 0,3034, Penyebab F (Kesalahan operator dalam mengambil *basic* pengukuran) = 0,1088, dan Penyebab G (Salah *marking* ketika melakukan *setting*) = 0,1060. Penyebab kegagalan yang paling potensial berdasarkan bobot prioritas tertinggi adalah Penyebab E yaitu metode inspeksi penerimaan masih secara visual dengan nilai prioritas sebesar 0,3034. Dengan demikian, Penyebab E dinilai memiliki dampak yang besar pada kerusakan *part* dan memiliki potensi dalam menurunkan kualitas produk. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibuat usulan perbaikan untuk mengatasi penyebab kegagalan yang paling potensial yaitu dengan melakukan pengecekan untuk keseluruhan *sample* (pengujian 100%) terhadap *casting material* yang berasal dari pemasok sebelum masuk ke area produksi. Langkah yang dapat dilakukan diantaranya dengan melakukan uji spektrometer untuk mengetahui komposisi yang terdapat pada material yang akan digunakan untuk proses produksi dan meningkatkan pengawasan kesesuaian antara material yang dikirim dengan input data spesifikasi material oleh pemasok. Selain itu juga dilakukan pembuatan formulir hasil inspeksi awal terhadap material sebelum masuk ke area produksi untuk memastikan bahwa material tersebut sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Kata kunci : Kualitas, Pumping Unit, FMEA, AHP, MAFMA

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR KONSULTASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metode Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. Kualitas.....	6
2.1.1. Definisi Kualitas	7
2.1.2. Manfaat Kualitas	9
2.2. Pengendalian Kualitas	9
2.2.1. Tujuan Pengendalian Kualitas	10
2.2.2. Manfaat Pengendalian Kualitas	10
2.3. Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	11
2.3.1. Sejarah FMEA.....	11
2.3.2. Jenis-jenis FMEA.....	12
2.3.3. Tahapan Pembuatan FMEA	12

2.3.4.	<i>Tools</i> FMEA.....	13
2.3.5.	Identifikasi Elemen-Elemen FMEA.....	18
2.3.6.	Menentukan <i>Severity, Occurance, Detection,</i> dan RPN.....	20
2.4.	Metode <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	23
2.4.1.	Tujuh Pilar AHP.....	24
2.4.2.	Langkah-langkah AHP.....	26
2.4.3.	Keunggulan AHP	31
2.4.4.	Kelemahan AHP	32
2.5.	Metode <i>Multi Attribute Failure Mode Analysis</i> (MAFMA).....	32
2.5.1.	Langkah-langkah Metode MAFMA	35
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1	Jenis dan Sumber Data.....	37
3.2	Metode Pengumpulan Data	38
3.3	Teknik Analisis	39
3.4	<i>State of The Art</i>	45
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	46
4.1	Pengumpulan Data	46
4.1.1.	Profil Perusahaan	46
4.1.2.	Sejarah Umum dan Perkembangan Perusahaan	47
4.1.3.	Visi, Misi, dan Tujuan Perusahaan	49
4.1.4.	Kegiatan Usaha Perusahaan	50
4.1.5.	Profil Unit Usaha	51
4.1.6.	Struktur Organisasi Perusahaan	53
4.1.7.	Sistem Kerja	56
4.1.8.	Proses Produksi	57
4.1.9.	Observasi Produk <i>Pumping Unit</i>	59
4.1.10.	Data Cacat Produksi <i>Pumping Unit</i>	64

4.2	Pengolahan Data	67
4.2.1.	Penentuan Prioritas Penanganan Masalah Menggunakan Diagram Pareto	67
4.2.2.	Pembuatan Tabel Penilaian Parameter <i>Severity</i> , <i>Occurance</i> , dan <i>Detection</i>	69
4.2.3.	Penentuan Aspek Biaya	73
4.2.4.	Penyusunan Struktur Hierarki MAFMA	77
4.2.5.	Penentuan Bobot Kriteria Pada Struktur Hierarki MAFMA	80
4.2.6.	Penentuan <i>Local Priority</i>	84
4.2.7.	Penentuan <i>Total Priority</i> Pada Setiap Kriteria .	86
4.2.8.	Penentuan Nilai Akhir Pada Struktur Hierarki MAFMA	88
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	89
5.1	Analisis Prioritas Penanganan Masalah.....	89
5.2	Analisis Penyebab Kegagalan Potensial Dengan Menggunakan Metode <i>Multi Attribute Failure Mode</i> <i>Analysis</i> (MAFMA).....	90
5.3	Usulan Perbaikan	91
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	94
6.1	Kesimpulan.....	95
6.2	Saran.....	96
	DAFTAR PUSTAKA	97
	LAMPIRAN	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat <i>Severity</i>	21
Tabel 2.2	Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat <i>Occurance</i>	22
Tabel 2.3	Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat <i>Detection</i>	23
Tabel 2.4	Skala Perbandingan Berpasangan	25
Tabel 2.5	Matriks Elemen Operasi	28
Tabel 2.6	Nilai Indeks Acak (RI)	31
Tabel 2.7	Perbandingan Metode FMEA, AHP, dan MAFMA.....	34
Tabel 3.1	<i>State of The Art</i>	44
Tabel 4.1	Data Cacat Produksi <i>Pumping Unit</i>	64
Tabel 4.2	Data Biaya Akibat Ketidaksesuaian Produksi <i>Pumping Unit</i>	66
Tabel 4.3	Jumlah Kegagalan Berdasarkan Proses.....	67
Tabel 4.4	Parameter Kriteria <i>Severity</i> Menggunakan <i>ISO27kToolkit</i> ...	69
Tabel 4.5	Parameter Variabel <i>Occurance</i> menggunakan <i>ISO27kToolkit</i>	70
Tabel 4.6	Parameter Variabel <i>Detection</i> menggunakan <i>ISO27kToolkit</i>	70
Tabel 4.7	Penilaian Parameter <i>Severity</i> , <i>Occurance</i> , dan <i>Detection</i>	71
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Rata-Rata Geometrik <i>Expected Cost</i>	72
Tabel 4.9	Matriks Perbandingan Berpasangan Aspek Biaya.....	74
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Bobot Prioritas Aspek Biaya.....	77
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Rata-Rata Geometrik Untuk Setiap Kriteria.....	80
Tabel 4.12	Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria.....	81
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Bobot Prioritas Kriteria.....	83
Tabel 4.14	Perhitungan <i>Local Priority</i> Kriteria <i>Occurance</i>	84
Tabel 4.15	Perhitungan <i>Local Priority</i> Kriteria <i>Detection</i>	85
Tabel 4.16	Perhitungan <i>Local Priority</i> Kriteria <i>Severity</i>	85
Tabel 4.17	Perhitungan <i>Local Priority</i> Kriteria <i>Expected Cost</i>	86

Tabel 4.18	Perhitungan <i>Total Priority</i> Untuk Kriteria <i>Occurance</i>	86
Tabel 4.19	Perhitungan <i>Total Priority</i> Untuk Kriteria <i>Detection</i>	87
Tabel 4.20	Perhitungan <i>Total Priority</i> Untuk Kriteria <i>Severity</i>	87
Tabel 4.21	Perhitungan <i>Total Priority</i> Untuk Kriteria <i>Expected Cost</i>	87
Tabel 4.22	Perhitungan Nilai Akhir Metode MAFMA	88
Tabel 5.1	Peringkat Penyebab Kegagalan Berdasarkan RPN	91
Tabel 5.2	Peringkat Penyebab Kegagalan Berdasarkan Metode MAFMA	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Diagram Pareto	14
Gambar 2.2	Contoh Diagram Sebab Akibat	18
Gambar 2.3	Contoh Struktur Hierarki AHP	27
Gambar 2.4	Contoh Struktur Hierarki MAFMA	33
Gambar 3.1	Kerangka Pemikiran Masalah	44
Gambar 4.1	Produk <i>Pumping Unit</i> PT Bukaka Teknik Utama	59
Gambar 4.2	Komponen Produk <i>Pumping Unit</i>	60
Gambar 4.3	Diagram Pareto Jumlah Kegagalan Dalam Proses Produksi	68
Gambar 4.4	Struktur Hierarki MAFMA	79
Gambar 5.1	Cacat Kropos Pada Komponen <i>Housing Wrist Pin</i>	92
Gambar 5.2	<i>Defect</i> Lubang <i>Bearing</i> (Tirus) Pada Komponen <i>Housing Wrist Pin</i>	93

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Data Umum Perusahaan PT Bukaka Teknik Utama
- Lampiran B Kuesioner dan Tabel Pendukung Pengolahan Data

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam abad ke-21 ini kebutuhan akan produk yang berkualitas sangatlah penting. Hal ini dipicu oleh perkembangan teknologi yang mengakibatkan peningkatan kebutuhan dan keinginan konsumen baik dalam hal jumlah, variasi jenis, maupun tingkat mutu produk. Untuk itu, perusahaan dituntut untuk dapat menjaga kualitas produksinya baik dari segi kualitas maupun kuantitas sebagai jaminan pada konsumen bahwa produk tersebut memiliki kualitas yang baik sehingga perusahaan dapat bersaing dan memenangkan kompetisi dalam menarik pelanggan. Kepuasan pelanggan terhadap kualitas yang memenuhi spesifikasi produk akan berdampak kepada tujuan perusahaan, yakni profit bagi perusahaan. Untuk mencapai tujuan tersebut maka harus dilakukan tinjauan ulang terhadap kualitas proses produksi yang terdapat pada perusahaan. Kualitas pada industri manufaktur selain menekankan pada produk yang dihasilkan, juga perlu memperhatikan pengendalian bahan baku yang digunakan serta pengendalian kualitas pada proses produksi sehingga produk akhir yang dihasilkan adalah produk yang bebas cacat dan tidak ada lagi pemborosan karena produk tersebut harus dibuang atau dilakukan pengerjaan ulang. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas produk adalah dengan meningkatkan dan mengendalikan kualitas pada proses produksi yang harus dilakukan secara terus menerus. Salah satu ciri dari pengendalian kualitas modern adalah bahwa didalamnya terdapat aktivitas yang berorientasi pada tindakan pencegahan kerusakan, bukan berfokus pada upaya untuk mendeteksi kerusakan saja. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan tersebut di waktu mendatang.

Unit usaha *Oil and Gas Equipment (OGE)* merupakan salah satu unit usaha pada PT Bukaka Teknik Utama (PT BTU) yang memproduksi *Pumping Unit* (pompa anguk) dalam berbagai tipe untuk keperluan penyedotan minyak bumi dengan sistem *job order*. Pada setiap kegiatan produksinya masih mengalami kendala diantaranya terdapat beberapa *part* produk yang tidak sesuai

spesifikasi. Hal itu disebabkan oleh ketidakstabilan kemampuan proses dalam menghasilkan produk *Pumping Unit* sehingga mengganggu jalannya kegiatan proses produksi. Berdasarkan data *Non Conformance Report (NCR)* terdapat 15 jenis kegagalan yang mengganggu proses produksi sehingga beberapa *part* harus dilakukan perbaikan atau pengerjaan ulang. Hal ini menyebabkan terganggunya waktu produksi serta menimbulkan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengatasi ketidaksesuaian tersebut. Untuk menghasilkan sebuah produk *Pumping Unit* yang berkualitas tinggi dengan tingkat *part defect* seminimal mungkin diperlukan suatu metode yang sistematis untuk menjamin bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Salah satu metode pengendalian kualitas yang dapat digunakan adalah metode *MAFMA (Multi Attribute Failure Mode Analysis)*. Metode ini merupakan pengembangan dari metode *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)* dengan mengintegrasikan aspek-aspek konvensional dengan aspek ekonomi sehingga penyebab kegagalan dapat dilihat pengaruhnya terhadap biaya (Braglia, 2000). Dalam metode ini dapat diidentifikasi penyebab-penyebab terjadinya kegagalan dan akan ditentukan prioritas penyebab kegagalan yang paling potensial.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan yang terjadi pada proses produksi *Pumping Unit* ?
2. Bagaimana menentukan prioritas penyebab kegagalan potensial pada proses produksi *Pumping Unit* dengan menggunakan metode *MAFMA (Multi Attribute Failure Mode Analysis)*?
3. Apa saja usulan tindakan perbaikan yang perlu dilakukan terhadap penyebab kegagalan potensial yang menjadi prioritas pada proses produksi *Pumping Unit*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi, maka dirumuskan tujuan yang akan dicapai sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan yang terjadi pada proses produksi *Pumping Unit*.
2. Menentukan prioritas penyebab kegagalan potensial pada proses produksi *Pumping Unit* dengan menggunakan metode MAFMA (*Multi Attribute Failure Mode Analysis*).
3. Memberikan usulan tindakan perbaikan yang perlu dilakukan terhadap penyebab kegagalan potensial yang menjadi prioritas pada proses produksi *Pumping Unit*.

1.4. Batasan Masalah

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

1. Kegiatan penelitian dilakukan di unit usaha *Oil and Gas Equipment (OGE)* PT Bukaka Teknik Utama.
2. Fokus penelitian pada proses produksi *Pumping Unit type C114-119-100*.
3. Data yang diambil merupakan data hasil pengamatan dan penelitian pada bulan Februari sampai Juni 2015 di unit usaha *Oil and Gas Equipment* PT Bukaka Teknik Utama.
4. Perbaikan hanya akan dilakukan terhadap penyebab kegagalan yang paling potensial berdasarkan pertimbangan waktu perbaikan dan biaya yang harus dikeluarkan.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Proses produksi tidak mengalami perubahan secara signifikan.
2. Kebijakan perusahaan selama penelitian tidak mengalami perubahan secara signifikan.

1.5. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, perlu dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Riset Kepustakaan (*Library Research*)

Riset Kepustakaan merupakan metode pengumpulan landasan teori dengan cara memperoleh data-data yang berasal dari literatur, buku, dan catatan kuliah yang ada hubungannya dengan materi yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Riset Kepustakaan ini merupakan data-data yang bersifat teori dan merupakan penunjang dalam melaksanakan riset lapangan.

2. Riset Lapangan (*Field Research*)

Riset Lapangan merupakan metode pengumpulan data dengan cara mendatangi perusahaan yang menjadi objek penelitian. Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang perlu dilakukan secara bertahap, yaitu :

- a. Observasi langsung, yaitu metode yang dilakukan melalui pengamatan langsung untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dan data-data yang akurat.
- b. Kuesioner, yaitu suatu teknik pengumpulan data dengan menggunakan angket yang berisi sejumlah pertanyaan yang harus dijawab/direspon oleh responden. Responden memiliki kebebasan untuk memberikan jawaban sesuai dengan persepsinya.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan masalah, penulis membuat sistematika berdasarkan pokok-pokok permasalahan yang terbagi menjadi enam bab dan beberapa sub bab, yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pengantar terhadap masalah yang dibahas pada perusahaan. Melalui latar belakang masalah yang ada, dilakukan perumusan masalah untuk mempermudah penelitian.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini memuat teori dasar yang menunjang pokok permasalahan serta teori-teori yang erat kaitannya dalam proses pemecahan masalah yaitu mengenai kualitas, pengendalian kualitas, alat pengendalian kualitas, *FMEA*, *MAFMA*, dan *AHP*.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian, metode pengumpulan data, dan teknis analisis data. Pada bab ini ditampilkan kerangka pemikiran yang memuat langkah-langkah penelitian dari awal sampai akhir.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini terdiri atas dua bagian, yaitu pengumpulan data dan pengolahan data. Pengumpulan data berisikan data umum perusahaan, jenis spesifikasi produk, aliran proses produksi, serta data ketidaksesuaian pada proses produksi. Pengolahan data dilakukan dengan mengidentifikasi prioritas penyebab kegagalan potensial menggunakan metode *MAFMA (Multi Attribute Failure Mode Analysis)*.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan perhitungan kembali terhadap prioritas penyebab kegagalan potensial dengan mempertimbangkan faktor biaya untuk mengetahui hasil perbandingan dengan perhitungan sebelumnya. Setelah itu dilakukan analisis terhadap perbandingan tersebut untuk mengetahui tindakan yang perlu dilakukan terhadap prioritas penyebab kegagalan potensial.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan kesimpulan dari hasil pengolahan data dan analisis. Selain itu bab ini juga berisi saran yang dapat diusulkan kepada perusahaan guna meningkatkan kualitas produk.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kualitas

Kualitas adalah suatu nilai yang diberikan oleh konsumen mengenai baik buruknya produk atau suatu jasa di mata mereka. Ketika suatu produk atau jasa memenuhi harapan mereka, maka mereka akan berpendapat bahwa produk atau jasa tersebut berkualitas. Sikap konsumen yang semakin kritis terhadap produk-produk yang mereka konsumsi, membuat produsen dituntut untuk harus selalu bisa memenuhi kebutuhan konsumen, yaitu dengan memproduksi produk yang berkualitas. Kualitas dari suatu produk dapat dinilai dalam berbagai cara. Garvin dalam Montgomery (2001) mengemukakan delapan komponen atau dimensi dari kualitas, yaitu sebagai berikut :

1. *Performance*, yaitu kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri atau karakteristik operasi dari suatu produk.
2. *Reliability*, yaitu kepercayaan pelanggan terhadap produk karena kerusakan yang rendah.
3. *Durability*, yaitu tingkat ketahanan produk atau lama umur produk.
4. *Service ability*, yaitu kemudahan produk itu bila akan diperbaiki atau kemudahan memperoleh komponen produk tersebut.
5. *Aesthetic*, yaitu keindahan atau daya tarik produk tersebut.
6. *Feature*, yaitu ciri khas produk yang membedakan dari produk lain yang merupakan karakteristik pelengkap dan mampu menimbulkan kesan yang baik bagi pelanggan.
7. *Perceived quality*, yaitu ukuran-ukuran tidak langsung atau intervensi tentang satu atau lebih dimensi, reputasi, dan lain-lain.
8. *Conformance to standard*, yaitu kesesuaian produk dengan syarat atau ukuran tertentu atau sejauh mana karakteristik desain dan operasi memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Kualitas pada industri manufaktur selain menekankan pada produk yang dihasilkan, juga perlu diperhatikan kualitas pada proses produksi. Bahkan yang

terbaik adalah apabila perhatian pada kualitas bukan pada produk akhir saja, melainkan proses produksinya atau produk yang masih ada dalam proses, sehingga bila diketahui ada cacat atau kesalahan masih dapat diperbaiki (Ariani, 2003).

2.1.1 Definisi Kualitas

Kualitas memiliki banyak definisi, dimana definisi itu berbeda-beda satu sama lain tergantung dari persepsi atau pandangan masing-masing orang. Oleh karena itu, ada beberapa pendapat dari pakar di bidang kualitas mengenai pengertian kualitas, diantaranya sebagai berikut :

1. Menurut Juran dalam Ariani (2003) “Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya.”
2. Menurut Crosby dalam Ariani (2003) “Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, reliability, maintainability*, dan *cost effectiveness*.”
3. Menurut Ishikawa (1988) “Kualitas berarti kepuasan pelanggan. Dengan demikian, setiap bagian proses dalam organisasi memiliki pelanggan. Kepuasan pelanggan internal akan menyebabkan kepuasan pelanggan organisasi.
5. Menurut Feigenbaum (1996) “Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture, dan maintenance*, dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan.”

Berdasarkan penjelasan dari para ahli tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kualitas adalah sejumlah atribut yang terdapat pada suatu produk atau jasa yang dibuat dengan tujuan tertentu sesuai dengan standar yang telah ditentukan sebelumnya yang digunakan untuk memenuhi harapan konsumen. Analisa sistem manufaktur telah mengidentifikasi dua kategori dasar bagi suatu perusahaan industri, yaitu *continous process industries* dan *intermitten process industries* (Wignjosoebroto, 2006).

1. *Continous process industries* adalah industri yang memproduksi barang dengan proses kontinyu. Kontinyu disini bukan berarti memproduksi secara

terus-menerus selama 24 jam tanpa henti, melainkan sebagai proses yang dilakukan secara tumpukan, bukan per unit produk.

2. *Intermittent process industries* atau sering disebut *discrete parts manufacturing* adalah industri yang memproduksi barang secara proses individu, unit per unit. Misalnya, industri alat-alat elektronika, kendaraan bermotor, peralatan kantor, dan alat-alat rumah tangga. Ada tiga kelompok *intermittent process industries* dengan masing-masing karakteristik utamanya, yaitu *jobbing shop production*, *batch production*, dan *mass production (repetitive manufacturing)*.
 - a. *Jobbing shop production* memproduksi berbagai jenis barang yang berbeda dengan volume produksi yang rendah (beberapa unit saja) untuk masing-masing jenis barang, memerlukan peralatan yang fleksibel (mampu mengerjakan berbagai jenis pekerjaan), dan tenaga kerja yang ahli/berkemampuan tinggi. Biasanya memproduksi berdasarkan pesanan (*job order*). Contohnya bengkel-bengkel mesin, perusahaan mebel, dan butik pakaian.
 - b. *Batch production* memproduksi barang dalam *batch* atau lot yang kecil dengan berbagai tahap pengerjaan. Setiap tahap pengerjaan dilakukan untuk seluruh *batch* sebelum menuju tahap pengerjaan berikutnya. Sistem ini lebih ekonomis dibandingkan dengan *jobbing shop production* karena dapat mengurangi *set up cost*. Contohnya pabrik perakitan mesin dan peralatan pabrik. Jumlah unit yang diproduksi per jenis cukup besar, tetapi produksinya tidak dalam bentuk massal.
 - c. *Mass production (repetitive manufacturing)* memproduksi jenis barang yang relatif sedikit tetapi dengan volume produksi yang besar (massal), karena itu seluruh produk biasanya distandardisasikan. Permintaan produk tetap/stabil. Demikian pula desain produk jarang sekali berubah untuk jangka waktu pendek atau menengah. Contohnya industri pembuatan dan perakitan kendaraan bermotor niaga roda empat, lampu pijar, televisi, dan disket komputer.

2.1.2 Manfaat Kualitas

Manfaat dari sistem pengendalian kualitas menurut Mutis (2004) adalah :

1. Suatu struktur sistem yang dapat menyelesaikan hasil produksi yang ada dengan perbaikan hasil produk dan pelayanan yang diberikan.
2. Suatu sistem yang terus menerus mengevaluasi dan memodifikasi kebutuhan pelanggan.
3. Dapat memperbaiki produktivitas, mengurangi *scrap*, dan pengerjaan ulang.
4. Adanya pengurangan produk cacat sehingga mengakibatkan turunnya biaya produksi.

2.2 Pengendalian Kualitas

Secara umum, pengendalian kualitas dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang efektif guna memadukan pengembangan, pemeliharaan, dan upaya perbaikan kualitas dari berbagai kelompok dalam sebuah organisasi agar pemasaran, perekayasa, produksi dan jasa dapat berada pada tingkatan yang paling ekonomis sehingga pelanggan atau konsumen mendapat kepuasan maksimal. Ada beberapa pendapat ahli yang mendefinisikan istilah pengendalian kualitas diantaranya :

1. Feigenbaum (1996)

Pengendalian kualitas adalah suatu sistem yang terdiri dari pengujian, analisis, dan tindakan-tindakan yang harus diambil dengan mengombinasikan seluruh peralatan dengan teknik-teknik yang berguna untuk mengendalikan kualitas suatu produk dengan ongkos biaya minimum sesuai dengan keinginan konsumen.

2. Besterfield (2006)

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

3. Gasperz (2002)

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas-aktivitas teknik dan manajemen, dimana kita mengukur karakteristik dari produk, kemudian membandingkan

hasil pengukuran itu dengan spesifikasi produk yang diinginkan pelanggan, serta mengambil tindakan perbaikan yang tepat apabila ditemukan perbedaan antara performansi aktual dengan standar.

2.2.1 Tujuan Pengendalian Kualitas

Secara terperinci menurut Mutis (2004) dapat dikatakan tujuan dari pengendalian kualitas adalah :

1. Mengurangi kehilangan-kehilangan (*losses*) dalam proses kerja yang dilakukan seperti mengurangi *waste product* atau menghilangkan waktu-waktu yang tidak produktif.
2. Agar produk yang diproduksi dapat mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan.
3. Mengusahakan agar biaya produksi dan inspeksi dapat ditekan sekecil mungkin.
4. Mengusahakan agar biaya desain dari produk dan proses dengan menggunakan kualitas produksi tertentu dapat menjadi sekecil mungkin.
5. Menjaga agar penjualan tetap meningkat sehingga profit tetap diperoleh (meningkatkan potensi daya saing).

2.2.2 Manfaat Pengendalian Kualitas

Manfaat dari pengendalian kualitas adalah (Evan, 2007) :

1. Suatu struktur sistem pengendalian kualitas yang dapat menyelesaikan hasil produksi yang ada, dengan perbaikan hasil produk dan pelayanan yang diberikan.
2. Suatu sistem yang terus-menerus mengevaluasi dan memodifikasi kebutuhan pelanggan.
3. Dapat memperbaiki produktivitas, mengurangi *scrap*, dan pengerjaan ulang (*rework*).
4. Adanya pengurangan produk cacat dan meningkatkan produktivitas sehingga mengakibatkan menurunnya biaya produksi. Peningkatan produktivitas menyebabkan menurunnya *lead time* sehingga terjadi perbaikan waktu.

2.3 Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA dikatakan sebagai tindakan “*before the event*” karena FMEA berusaha untuk mengeliminasi atau mengurangi kemungkinan gagal dari penyebabnya sehingga mencegah penyebab kegagalan tidak akan terulang lagi dimasa yang akan datang. FMEA merupakan salah satu program peningkatan dan pengendalian kualitas yang dapat mencegah terjadinya kegagalan dalam suatu produk atau proses. Berikut adalah beberapa definisi FMEA yaitu :

1. Menurut Gaspersz (2002), FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan, kondisi diluar spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk.
2. Menurut McDermott (2009), FMEA merupakan suatu metode yang sistematis dalam mengidentifikasi dan mencegah masalah yang terjadi pada produk dan proses.

Berdasarkan definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa FMEA adalah metode untuk mengidentifikasi dan menganalisa potensi kegagalan dan akibatnya yang bertujuan untuk merencanakan proses produksi secara baik dan dapat menghindari kegagalan proses produksi dan kerugian yang tidak diinginkan. Dengan kata lain, FMEA dapat dijelaskan sebagai sekelompok aktifitas yang meliputi, (Besterfield, 2006) :

1. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan dari produk atau proses dan efek yang ditimbulkan.
2. Mengidentifikasi tindakan yang dapat mengeliminasi atau mengurangi kemungkinan kegagalan.
3. Mendokumentasikan proses.

2.3.1 Sejarah FMEA

Awalnya, FMEA dibuat oleh *Aerospace Industry* pada pertengahan tahun 1960 yang memfokuskan pada masalah keamanan (*safety*). Jauh sebelumnya, FMEA menjadi *tool* untuk perbaikan keamanan khususnya pada proses industri

kimia. Tujuan yang ingin dicapai dengan menerapkan FMEA adalah untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

FMEA mulai digunakan oleh *Ford* pada tahun 1980-an. *AIAG (Automotive Industry Action Group)* dan *American Society for Quality Control (ASQC)* menetapkannya sebagai standar pada tahun 1993. Saat ini FMEA merupakan salah satu *core tools* dalam ISO/TS 16949:2002 (McDermott dkk., 2009).

2.3.2 Jenis-jenis FMEA

Menurut Besterfield (2006) terdapat beberapa tipe dalam FMEA yaitu *design FMEA*, *process FMEA*, *equipment FMEA*, *maintenance FMEA*, *concept FMEA*, *service FMEA*, *system FMEA*, *environmental FMEA*, dan lain-lain. Dalam industri otomotif, kebanyakan perusahaan membagi FMEA ke dalam dua jenis yaitu sebagai berikut (McDermott dkk., 2009) :

1. FMEA Design

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 *design process* dengan mengidentifikasi tipe-tipe kegagalan yang diketahui dan dapat diduga kemudian mengurutkan kegagalan tersebut berdasarkan dampak yang diakibatkan produk.

2. FMEA Process

Berfokus pada penelitian proses yang digunakan untuk membuat komponen, subsistem, sistem utama. *FMEA Process* 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.

2.3.3 Tahapan Pembuatan FMEA

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

1. Melakukan peninjauan terhadap proses

2. Mengidentifikasi *potential failure mode* (mode kegagalan potensial) pada proses.
3. Membuat daftar *potential effect* (akibat potensial) dari masing-masing mode kegagalan.
4. Menentukan peringkat *severity* untuk masing-masing cacat yang terjadi.
5. Menentukan peringkat *occurance* untuk masing-masing mode kegagalan.
6. Menentukan peringkat *detection* untuk masing-masing mode atau akibat yang terjadi.
7. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing cacat.
8. Membuat prioritas mode kegagalan berdasarkan nilai RPN tertinggi untuk dilakukan tindakan perbaikan.
9. Melakukan tindakan untuk mengeliminasi atau mengurangi kegagalan yang paling banyak terjadi.
10. Menghitung kembali nilai RPN setelah modus kegagalan telah dikurangi atau dieliminasi.

2.3.4 Tools FMEA

Tools yang sering digunakan untuk membantu analisis FMEA antara lain (Penncock dan Harimes, 2002) :

1. *Control Plan*

Control Plan merupakan kumpulan perencanaan tindakan untuk menjamin kualitas suatu proses, produk, atau layanan. Dalam *control plan* terdapat daftar semua parameter proses dan karakteristik desain yang berhubungan dengan kepuasan pelanggan dan membutuhkan perencanaan tindakan penjaminan kualitas.

2. Diagram Alir (*Flowchart*)

Diagram alir umumnya digunakan ketika melakukan FMEA untuk suatu proses atau suatu layanan. Dengan diagram alir ini, dapat diidentifikasi proses-proses mana saja yang dapat menimbulkan kegagalan di dalam sistem.

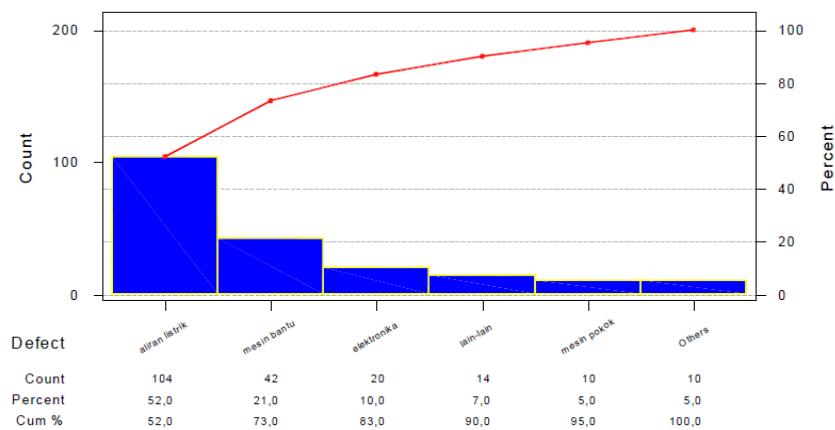
3. *Quality Function Deployment* (QFD)

Dengan menggunakan QFD, dapat diidentifikasi kelemahan dan kekuatan serta dapat mengidentifikasi karakteristik produk atau layanan yang

dibutuhkan pelanggan. QFD dan FMEA memiliki banyak persamaan. Keduanya memiliki tujuan untuk *continuous improvement* yang berfokus pada pengeliminasian kegagalan serta berpatokan pada kepuasan pelanggan.

4. Diagram Pareto

Diagram pareto diperkenalkan pertama kali oleh seorang ahli ekonomi dari Italia bernama Vilfredo Pareto pada abad ke 19. Diagram ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Dengan bantuan pareto tersebut, kegiatan akan lebih efektif dengan memusatkan perhatian pada sebab-sebab yang mempunyai dampak yang paling besar terhadap kejadian daripada meninjau berbagai sebab pada suatu ketika (Nasution, 2001). Untuk menggunakan diagram Pareto, perlu memastikan bahwa data yang dimiliki adalah data diskrit atau kategori diagram ini tidak akan bekerja dengan ukuran-ukuran seperti berat atau temperatur (Pande dkk., 2002). Contoh diagram Pareto dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Contoh Diagram Pareto

(Sumber : Nasution, 2001)

Diagram pareto digunakan untuk mengklasifikasikan masalah menurut sebab dan gejalanya. Masalah digambarkan menurut prioritas atau tingkat kepentingannya dengan menggunakan formal grafik batang, dimana 100% menunjukkan kerugian total. Prinsip yang mendasari diagram ini adalah aturan “80-20 yang menyatakan bahwa *'80 % of the trouble comes from 20%*

of the problems” yang berarti bahwa sekitar 80% dari masalah disebabkan oleh 20% dari penyebab. Prinsip pareto ini sangat penting karena prinsip ini mengidentifikasi kontribusi terbesar dari variasi proses yang menyebabkan performansi yang jelek seperti cacat. Pada akhirnya, diagram pareto membantu pihak manajemen untuk secara cepat menemukan permasalahan yang kritis dan membutuhkan perhatian secepatnya sehingga dapat segera diambil kebijakan untuk mengatasinya (Tjiptono dan Diana, 2001).

Kegunaan diagram Pareto diantaranya (Pande, 2002) :

- a. Menyaring data masalah menurut wilayah, dan menemukan wilayah mana yang memiliki paling banyak masalah.
- b. Membandingkan data *defect* menurut tipe, dan mengetahui *defect* mana yang paling umum.
- c. Membandingkan masalah menurut hari dalam minggu (atau bulan, atau waktu dalam hari), untuk mengetahui selama periode mana masalah paling sering terjadi.
- d. Menyaring *complain* pelanggan menurut tipe *complain*, untuk mengetahui *complain* apa yang paling umum.

Pembuatan diagram pareto terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2006) :

- a. Kelompokkan masalah yang ada dan nyatakan hal tersebut dalam angka yang bisa terukur secara kuantitatif.
- b. Atur masing-masing penyebab atau masalah yang ada sesuai dengan pengelompokan yang dibuat. Pengaturan dilaksanakan berurutan sesuai dengan besarnya nilai kuantitatif masing-masing. Selanjutnya gambarkan keadaan ini dalam bentuk grafik kolom. Penyebab nilai kuantitatif terkecil digambarkan paling kanan.
- c. Buatlah grafik garis secara komulatif (berdasarkan prosentase penyimpangan) di atas grafik kolom ini. Grafik garis ini dimulai dari penyebab penyimpangan terbesar hingga terkecil.

Pembuatan diagram pareto menggunakan software minitab 16. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Mengumpulkan data sesuai dengan jenis cacat dan jumlah cacatnya.
 - b. Buka *worksheet* baru pada kolom C1 kemudian isi dengan jenis cacat dan kolom C2 diisi dengan jumlah cacat.
 - c. Klik *stat-quality tool-pareto chart*.
 - d. Pada kolom *chart defects data in*, masukan jenis cacat.
 - e. Pada kolom *by variable in*, masukan jumlah cacat.
 - f. Pilih *default (all on one page, same ordering of bars)*.
 - g. Pada kolom *defects tabel*, kolom *labels in* masukkan jenis cacat, kolom *frequencies in* masukkan jumlah cacat.
 - h. *Combine defect after the first 95% into one*.
 - i. Pada kolom *tittle* tulis judul diagram pareto, klik ok.
5. Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone Diagram*)

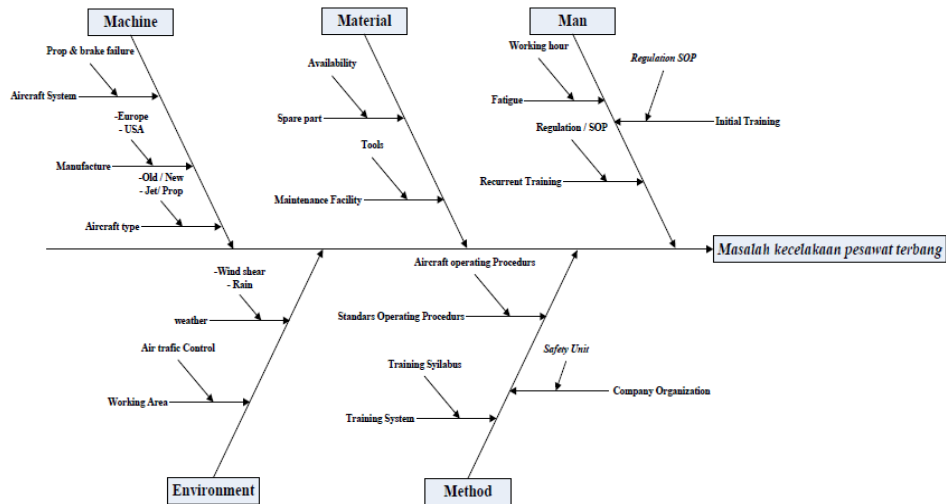
Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone Diagram*) pertama kali dikembangkan pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas jepang yang bernama Dr. Kaoru Ishikawa. Diagram sebab-akibat digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis suatu proses atau situasi dan menemukan kemungkinan penyebab suatu persoalan atau masalah yang terjadi (Tjiptono dan Diana, 2001).

Diagram sebab-akibat adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukannya suatu analisa yang lebih terperinci dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang terjadi. Diagram ini dapat digunakan dalam situasi sebagai berikut (Nasution, 2001) :

- a. Terdapat pertemuan diskusi dengan menggunakan *brainstorming* untuk mengidentifikasi mengapa suatu masalah terjadi.
- b. Memerlukan analisis lebih terperinci terhadap suatu masalah

Penggunaan diagram sebab akibat mengikuti langkah-langkah (Gasperz, 2002) berikut :

- a. Dapatkan kesepakatan tentang masalah yang terjadi dan ungkapkan masalah itu sebagai suatu pertanyaan masalah.
- b. Temukan sekumpulan penyebab yang mungkin dengan menggunakan teknik brainstorming atau membentuk anggota tim yang memiliki ide-ide yang berkaitan dengan masalah yang sedang dihadapi.
- c. Gambarkan diagram dengan pertanyaan mengenai masalah untuk ditempatkan pada sisi kanan (membentuk kepala ikan) dan kategori utama seperti bahan baku, metode, manusia, mesin, pengukuran, dan lingkungan ditempatkan pada cabang utama (membentuk tulang-tulang besar dari ikan). Kategori utama dapat diubah sesuai kebutuhan.
- d. Tetapkan setiap penyebab dalam kategori utama yang sesuai dengan menempatkannya pada cabang yang sesuai.
- e. Untuk setiap penyebab yang mungkin, tanyakan “mengapa” untuk menemukan akar penyebab, kemudian tulislah akar-akar penyebab itu pada cabang-cabang yang sesuai dengan kategori utama (membentuk tulang-tulang kecil dari ikan). Untuk menemukan akar penyebab, kita dapat menggunakan teknik bertanya “mengapa” sampai lima kali.
- f. Interpretasi atas diagram sebab akibat itu adalah dengan melihat penyebab-penyebab yang muncul secara berulang, kemudian dapatkan kesepakatan melalui konsensus tentang penyebab tersebut. Selanjutnya, fokuskan perhatian pada penyebab yang dipilih melalui konsensus.
- g. Terapkan hasil analisis dengan menggunakan diagram sebab akibat dengan cara mengembangkan dan mengimplementasikan tindakan korektif serta memonitori hasil-hasil untuk menjamin bahwa tindakan korektif yang dilakukan efektif karena telah menghilangkan akar penyebab dari masalah yang dihadapi. Adapun contoh diagram sebab akibat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Contoh Diagram Sebab Akibat
(Sumber : Nasution, 2001)

2.3.5 Identifikasi Elemen-Elemen FMEA

Element *FMEA* dibangun berdasarkan informasi yang mendukung analisa.

Beberapa elemen *FMEA* adalah sebagai berikut :

1. Nomer *FMEA* (*FMEA Number*)
Berisi nomer dokumentasi *FMEA* yang berguna untuk identifikasi dokumen.
2. Jenis (*item*)
Berisi nama dan kode nomer sistem, subsistem atau komponen dimana akan dilakukan analisa *FMEA*.
3. Penanggung Jawab Proses (*Process Responsibility*)
Adalah nama departemen/bagian yang bertanggung jawab terhadap berlangsungnya proses item di atas.
4. Disiapkan Oleh (*Prepared by*)
Berisi nama, nomer telepon, dan perusahaan dari personal yang bertanggung jawab terhadap pembuatan *FMEA* ini.
5. Tahun Model (*Model Year*)
Adalah kode tahun pembuatan item, bentuk ini yang dapat berguna terhadap analisis sistem.
6. Tanggal berlaku (*Key Date*)
Adalah *FMEA due date* dimana harus sesuai dengan jadwal.

7. Tanggal *FMEA* (*FMEA Date*)
Tanggal dimana *FMEA* ini selesai dibuat dengan tanggal revisi terkini.
8. Tim Inti (*Core Team*)
Berisi daftar nama anggota tim *FMEA* serta departemennya.
9. Fungsi Proses (*Process Function*)
Adalah deskripsi singkat mengenai proses pembuatan item dimana sistem akan dianalisa.
10. Bentuk Kegagalan Potensial (*Potential Failure Mode*)
Merupakan suatu kejadian dimana proses dapat dikatakan secara potensial gagal untuk memenuhi kebutuhan proses atau tujuan akhir produk.
11. Efek Potensial dari Kegagalan (*Potential Effect Of Failure*)
Merupakan suatu efek dari bentuk kegagalan terhadap pelanggan dimana setiap perubahan dalam variabel yang mempengaruhi proses akan menyebabkan proses itu menghasilkan produk di luar batas-batas spesifikasi.
12. Tingkat Keparahan (*Severity*)
Penilaian keseriusan efek dari bentuk kegagalan potensial.
13. Klasifikasi (*Classification*)
Merupakan dokumentasi terhadap klasifikasi karakter khusus dari subproses untuk menghasilkan komponen, sistem, atau subsistem tersebut.
14. Penyebab Potensial (*Potential Cause*)
Adalah bagaimana kegagalan tersebut bisa terjadi. Dideskripsikan sebagai sesuatu yang dapat diperbaiki.
15. Kejadian (*Occurance*)
Adalah sesering apa penyebab kegagalan spesifik dari suatu proyek tersebut terjadi.
16. Pengendali Proses Saat Ini (*Current Process Control*)
Merupakan deskripsi dari alat pengendali yang dapat mencegah atau memperbesar kemungkinan bentuk kegagalan terjadi atau mendeteksi terjadinya bentuk kegagalan tersebut.

17. *Deteksi (Detection)*
Merupakan penilaian dari kemungkinan alat tersebut dapat mendeteksi penyebab potensial terjadinya suatu bentuk kegagalan.
18. *Nomer Prioritas Resiko (Risk Priority Number)*
Merupakan angka prioritas resiko yang didapatkan dari perkalian *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*.
19. *Tindakan yang direkomendasikan (Recommend Action)*
Setelah bentuk kegagalan diatur sesuai peringkat RPNnya maka tindakan perbaikan harus segera dilakukan terhadap bentuk kegagalan dengan nilai RPN tertinggi.
20. *Penanggungjawab Tindakan yang direkomendasikan (Responsibility for the Recommend Action)*
Mendokumentasikan nama dan departemen penanggung jawab tindakan perbaikan tersebut serta target waktu penyelesaian.
21. *Tindakan yang Diambil (Action Taken)*
Setelah tindakan diimplementasikan, dokumentasikan secara singkat uraian tindakan tersebut serta tanggal efektifnya.
22. *Hasil RPN (Resulting RPN)*
Setelah tindakan perbaikan diidentifikasi, perkirakan dan rekam *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* baru yang dihasilkan serta hitung *RPN* yang baru. Jika tidak ada tindakan lebih lanjut maka beri catatan mengenai hal tersebut.
23. *Tindak Lanjut (Follow Up)*
Dokumentasi proses *FMEA* ini akan menjadi dokumen hidup dimana akan dilakukan perbaikan terus menerus sesuai kebutuhan perusahaan.

2.3.6 Menentukan *Severity*, *Occurance*, *Detection*, dan *RPN*

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan, maka tim *FMEA* harus mendefinisikan terlebih dahulu tentang *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* serta hasil akhirnya yang berupa *Risk Priority Number (RPN)*.

1. *Severity*
Severity merupakan sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada suatu komponen yang berpengaruh pada

suatu hasil kerja mesin yang dianalisa/diperiksa. Dampak tersebut di *ranking* mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk. Penentuan terhadap *ranking severity* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat *Severity*

<i>Effect</i>	<i>Severity Effect for FMEA</i>	<i>Ranking</i>
Berbahaya tanpa peringatan	1. Dapat membahayakan operator mesin 2. Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan operasional produk 3. Kegagalan akan terjadi tanpa ada peringatan sebelumnya.	10
Berbahaya dengan peringatan	1. Dapat membahayakan operator mesin 2. Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan operasional produk 3. Kegagalan akan terjadi tanpa ada peringatan sebelumnya.	9
Sangat tinggi	1. Gangguan major pada lini produksi 2. 100% produk harus dibongkar 3. Produk tidak dapat dioperasikan dan kehilangan fungsi utamanya	8
Tinggi	1. Gangguan minor pada lini produksi 2. Produk harus dipilah dan sebagian dibongkar ulang 3. Produk dapat beroperasi, performansinya berkurang	7
Sedang	1. Gangguan minor pada lini produksi 2. Sebagian produk harus dikerjakan ulang 3. Produk dapat beroperasi, tetapi sebagian item tambahan tidak berfungsi	6
Rendah	1. Gangguan minor pada lini produksi 2. 100 % produk harus dikerjakan ulang 3. Produk dapat beroperasi, tetapi sebagian item tambahan beroperasi dengan performansi yang kurang	5
Sangat rendah	1. Gangguan minor pada lini produksi 2. Produk harus disortir dan sebagian dikerjakan ulang 3. Pelanggan secara umum menyadari defect tersebut	4
Minor	1. Gangguan minor pada lini produksi 2. Sebagian produk harus dikerjakan secara <i>on-line</i> di tempat 3. Sebagian pelanggan menyadari defect tersebut	3
Sangat Minor	1. Gangguan minor pada lini produksi 2. Sebagian kecil produk harus dikerjakan ulang di tempat 3. Pelanggan yang jeli menyadari defect tersebut	2
Tidak ada	Bentuk kegagalan tidak memiliki pengaruh	1

(Sumber : *Automotive Industry Action Group*)

2. *Occurance* (Kejadian)

Occurance adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Standar menilai dilakukan dengan cara interpolasi dan pembulatan nilai *occurance* pada skala 1 sampai 10. Penentuan terhadap *ranking occurrence* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Occurance*

<i>Probability of Failure</i>	<i>Possible Failure Rate</i>	<i>Ranking</i>
Sangat tinggi : Kegagalan hampir tidak dapat dihindari	> 1 dalam 2	10
	1 dalam 3	9
Tinggi : Secara general berasosiasi dengan proses sebelumnya yang sering gagal	1 dalam 8	8
	1 dalam 20	7
Moderat : Secara general berasosiasi dengan proses sebelumnya yang memiliki kegagalan yang kadang-kadang terjadi	1 dalam 80	6
	1 dalam 400	5
	1 dalam 2000	4
Rendah : Kegagalan yang kecil berasosiasi dengan proses yang sama	1 dalam 15000	3
Sangat rendah : Hanya kegagalan yang kecil berasosiasi dengan	1 dalam 150000	2
Remote : Tidak ada kegagalan	1 dalam 1500000	1

(Sumber : *Automotive Industry Action Group*)

3. *Detection*

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan dalam mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Penentuan terhadap *ranking detection* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Detection*

<i>Detection</i>	<i>Possible Detection of Processing Control</i>	<i>Ranking</i>
Absolute (tidak mungkin)	Tidak tersedia kontrol yang diketahui untuk mendeteksi modus kegagalan	10
Sangat tipis	Sangat tipis kemungkinan kontrol sekarang mampu mendeteksi modus kegagalan	9
Tipis	Tipis kemungkinan kontrol sekarang mampu mendeteksi modus kegagalan	8
Sangat rendah	Sangat rendah kemungkinan kontrol sekarang mampu mendeteksi modus kegagalan	7
Rendah	Rendah kemungkinan kontrol sekarang mampu mendeteksi modus kegagalan	6
Cukup	Cukup kemungkinan kontrol sekarang mampu mendeteksi modus kegagalan	5
Sedang	Sedang kemungkinan kontrol sekarang mampu mendeteksi modus kegagalan	4
Tinggi	Tinggi kemungkinan kontrol sekarang mampu mendeteksi modus kegagalan	3
Sangat tinggi	Sangat tinggi kemungkinan kontrol sekarang mampu mendeteksi modus kegagalan	2
Hampir pasti	Kontrol saat ini hampir pasti untuk mendeteksi modus kegagalan. Keandalan kontrol deteksi diketahui dengan proses yang sama	1

(Sumber : *Automotive Industry Action Group*)

4. Risk Priority Number (RPN) / Angka Prioritas Resiko

RPN merupakan hasil perkalian dari angka *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* dimana pada alat yang memiliki *RPN* tertinggi harus diberikan prioritas untuk melakukan tindakan perbaikan yang harus dilakukan.

2.4 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM). Metode ini dibuat oleh Saaty di University of Pittsburgh. AHP menawarkan metode yang relatif mudah

dilakukan dan mampu mengevaluasi alternatif yang ada. AHP memungkinkan pembuat keputusan untuk menggunakan bentuk hierarki sederhana untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks serta mengevaluasi data kualitatif dan kuantitatif di dalam metodologi yang sistematis dengan perhatian pada multi kriteria (Mustafa dkk., 2005).

2.4.1 Tujuh Pilar AHP

Meskipun metode AHP sudah ditentukan lebih dari dua dekade yang lalu dan dalam kurun waktu tersebut telah muncul banyak perbaikan dan modifikasi, namun secara umum ada tujuh pilar AHP yaitu (Saaty, 1999) :

1. Skala Rasio

Rasio adalah perbandingan dua nilai (a/b) dimana nilai a dan b bersamaan jenisnya (satuan). Skala rasio adalah sekumpulan rasio yang konsisten dalam status transformasi yang sama. Sekumpulan nilai dapat distandarisasi dengan melakukan normalisasi sehingga satuan tidak diperlukan lagi dan objek-objek tersebut dapat dengan mudah dibedakan satu sama lain. Skala yang sudah dinormalisasi adalah ide sentral dari pembuatan sintesis prioritas pada semua metode MCDM. Sebagai tambahan, skala rasio adalah satu-satunya cara untuk menggeneralisasi suatu teori keputusan. Skala rasio juga dapat digunakan untuk membuat keputusan yang melibatkan beberapa hierarki seperti dalam memilih strategi berdasarkan keuntungan, biaya, kesempatan, dan resiko. Dalam AHP, skala rasio untuk perbandingan berpasangan antara objek i dan j adalah perbandingan antara bobot objek i (w_i) dan bobot objek j (w_j) tersebut, atau dinotasikan w_i/w_j . Saaty menemukan suatu skala yang menyederhanakan penggunaannya yaitu menggunakan bilangan bulat 1 sampai 9 dimana skala ini merupakan hasil dari riset psikologi Saaty tentang kemampuan individu dalam membuat perbandingan secara berpasangan terhadap beberapa elemen. Penggunaan skala ini terbukti mampu untuk memudahkan perhitungan relatif antar objek dan memberikan skala rasio dengan tingkat akurasi tinggi yang secara fundamental dibutuhkan oleh AHP. Skala Saaty dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Skala Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kepentingan sama	Dua elemen memiliki kontribusi yang sama terhadap tujuan
3	Kepentingan moderate	Salah satu elemen sedikit lebih kuat dibandingkan elemen lainnya
5	Kepentingan kuat	Salah satu elemen lebih kuat dibandingkan elemen lainnya
7	Kepentingan sangat kuat	Salah satu elemen sangat kuat dibandingkan elemen lainnya
9	Kepentingan ekstrim	Bukti lebih memilih satu elemen dibandingkan elemen lainnya sebagai tingkat afirmasi tertinggi yang mungkin
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua perbandingan	Kadang-kadang perlu dilakukan interpolasi dari suatu skala penilaian karena tidak ada skala yang tepat untuk menggambarkannya

(Sumber : Saaty, 1999)

2. Perbandingan Berpasangan

Perbandingan berpasangan bertujuan untuk menghasilkan bobot alternatif antar kriteria atau antar alternatif, sehingga akan didapatkan prioritas. Terdapat tiga pendekatan untuk mengurutkan alternatif/kriteria yaitu relatif, absolut, dan patok duga (*benchmarking*).

3. Sensitivitas Vektor Eigen

Sensitivitas vektor eigen terhadap perubahan kriteria membatasi jumlah elemen pada tiap set perbandingan. Karenanya hal ini membutuhkan persamaan dari tiap elemen yang bersangkutan. Perubahan haruslah dengan cara memilih elemen kecil sebagai suatu unit dan menanyakan berapa pengaruhnya terhadap elemen yang lebih besar.

4. Homogenitas dan Klusterisasi

Metode klusterisasi dipakai jika terdapat perbedaan antar elemen lebih dari satu derajat. Guna memperlebar skala fundamental secara perlahan, yang pada akhirnya memperbesar skala 1-9 ke 1-tak terhingga.

5. Sintesis

Sintesis diaplikasikan pada skala rasio guna menciptakan suatu skala dimensi yang banyak dengan bertujuan untuk mendeskripsikan keluaran secara menyeluruh dengan menggunakan pembobotan tambahan.

6. Mempertahankan Urutan dan Membalikannya

Pembobotan dan urutan pada hierarki dipengaruhi dengan adanya penambahan atau perubahan kriteria atau alternatif. Seringkali terjadi fenomena pembalikan urutan (*rank reversal*) terutama pada pengukuran relatif. Pembalikan urutan bersifat intrinsik pada pengambilan keputusan sedemikian halnya sehingga dapat mempertahankan kondisi urutan. Metode distribusi AHP mengizinkan pembalikan urutan.

7. Pertimbangan Kelompok

Dengan menggunakan metode AHP, dapat dimungkinkan untuk digunakan pertimbangan interaksi pola pikir baik itu pengalaman, pengetahuan, dan kekuatan pada setiap individu yang terlibat.

2.4.2 Langkah-langkah AHP

Saaty (1999) mengemukakan langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan menggunakan AHP sebagai berikut :

1. Mendefinisikan masalah dan menspesifikasikan pemecahan yang diinginkan.
2. Membuat bentuk hierarki dari sudut pandang manajerial secara keseluruhan.
3. Membuat matriks perbandingan berpasangan dari masing-masing elemen terhadap level di atasnya.
4. Mendapatkan semua penilaian untuk melengkapi matriks di langkah 3. Pertimbangan dari banyak orang dapat disatukan dengan menggunakan rumus rata-rata geometris.
5. Mensintesis data dalam matriks perbandingan berpasangan sehingga didapatkan prioritas setiap elemen hierarki.
6. Menguji konsistensi prioritas yang didapat
7. Lakukan langkah 3,4, dan 5 untuk semua level dan kelompok dalam hierarki.
8. Menggunakan komposisi secara hierarki untuk membobotkan vektor-vektor prioritas itu dengan bobot-bobot kriteria dan menjumlahkan semua nilai

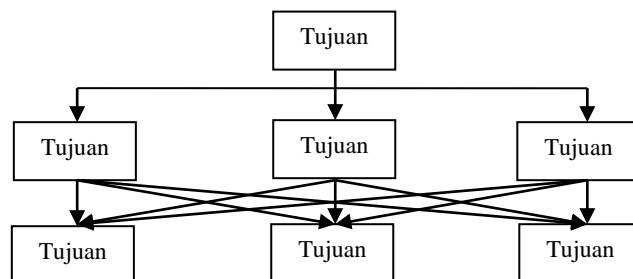
prioritas tersebut dengan nilai prioritas dari tingkat bawah berikutnya, dan seterusnya. Hasilnya adalah vektor prioritas menyeluruh untuk tingkat hierarki paling bawah.

9. Mengevaluasi konsistensi untuk seluruh hierarki dengan mengkalikan 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.

Secara lebih detail, seluruh tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. Identifikasi masalah dan pembuatan hierarki

AHP dimulai dengan identifikasi permasalahan, kemudian menguraikannya menjadi elemen-elemen pokok untuk mendukung keputusan yang akan diambil. Elemen-elemen ini dapat berupa alternatif tindakan, atribut, atau kriteria yang akan digunakan untuk menentukan prioritas atau peringkat dari serangkaian alternatif solusi yang akan diambil. Proses penentuan elemen-elemen dan relasi antar elemen tersebut dikenal sebagai proses strukturisasi hierarki. Contoh struktur hierarki AHP dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh Struktur Hierarki AHP

(Sumber : Saaty, 1999)

2. Penentuan prioritas/bobot

Prioritas/bobot diberikan pada elemen-elemen hierarki berdasarkan tingkat kepentingannya menggunakan metode perbandingan berpasangan. Kriteria-kriteria dibobotkan berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap pencapaian tujuan. Setiap alternatif dibobotkan terhadap masing-masing kriteria. Proses

pembobotan ini mengatasi masalah perbedaan skala akibat interpretasi pengambilan keputusan. Perbandingan berpasangan dilakukan antar elemen dalam bentuk matriks untuk menilai elemen mana yang lebih penting atau lebih disukai, dan seberapa elemen tersebut lebih penting atau lebih disukai. Berikut adalah metode perhitungan sistematis untuk prioritas/bobot elemen dalam AHP oleh Saaty (1999). Asumsinya dalam suatu sistem operasi terdapat n elemen operasi yaitu A_1, A_2, \dots, A_n , maka hasil perbandingan secara berpasangan dari elemen-elemen tersebut selanjutnya akan membentuk matriks perbandingan berpasangan seperti terlihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Matriks Elemen Operasi

A	A	A	...	A
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂
...
A _n	a _{n1}	A _{nn}

(Sumber : Saaty, 1999)

Dari matriks tersebut dapat dikatakan bahwa $A_n \times n$ adalah matriks resiprokal (berkebalikan) yang unsur-unsurnya adalah a_{ij} dimana ij adalah $1,2,\dots,n$. Bobot masing-masing elemen dinyatakan dengan lambang w . Diasumsikan terdapat n elemen perbandingan yaitu w_1, w_2, \dots, w_n . adapun nilai perbandingan (a_{ij}) secara berpasangan (antara w_i dan w_j) dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$a_{ij} = w_i/w_j \text{ dimana } i \text{ dan } j = 1,2,\dots,n$$

Unsur-unsur pada matriks tersebut didapatkan melalui perbandingan antara satu elemen operasi terhadap elemen operasi lainnya pada tingkat hierarki yang sama. Misalnya unsur a_{11} adalah perbandingan antara elemen A_1

dengan elemen A1 sendiri, kemudian a_{12} adalah perbandingan antara elemen A1 dengan A2, dan seterusnya.

3. Sintesis bobot alternatif

Proses pembobotan dan penjumlahan dilakukan untuk memperoleh prioritas total setiap alternatif berdasarkan kontribusinya terhadap tujuan. Sintesis bobot alternatif dibedakan berdasarkan jenisnya yaitu relatif dan absolut.

a. Metode relatif

Langkah-langkah pembobotan alternatif dengan metode relatif adalah sebagai berikut :

- 1) Menabulasikan bobot masing-masing alternatif terhadap kriteria-kriteria penilaian dan mengalikan masing-masing bobot alternatif tersebut dengan bobot kriteria itu sendiri.
- 2) Menjumlahkan hasil perkalian untuk masing-masing alternatif. Hasil penjumlahan tersebut adalah bobot alternatif total berdasarkan kontribusinya terhadap tujuan.

b. Metode absolut

- 1) Tingkat hierarki (paling bawah) bukanlah subkriteria melainkan skala intensitas yang mana akan menjadi dasar pengukuran alternatif pada masing-masing kriteria atau subkriteria.
- 2) Skala intensitas tersebut digambarkan sebagai sekumpulan cabang di bawah kriteria atau subkriteria yang bersangkutan dan dibobotkan melalui perbandingan berpasangan antar skala intensitas pada kriteria/subkriteria yang sama. Nilai setiap skala intensitas tersebut dibagi dengan skala intensitas yang terbesar (normalisasi). Alternatif tidak ditampilkan pada struktur hierarki. Dengan metode ini, semua alternatif dibandingkan dengan standar yang sama yaitu skala intensitas. Bobot setiap alternatif dihitung dengan cara mengalikan bobot skala intensitas dengan bobot kriteria/subkriterianya dan kemudian diakumulasikan.

4. Perhitungan konsistensi matriks

Agar dikatakan konsisten, matriks bobot hasil dari perbandingan berpasangan harus memiliki hubungan kardinal dan ordinal sebagai berikut :

- a. Hubungan kardinal : $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$
- b. Hubungan ordinal : $A_i > A_j ; A_j > A_k ;$ maka $A_i > A_k$

Selain itu, terdapat dua jenis preferensi untuk menyatakan hubungan konsistensi tersebut yaitu preferensi multiplikatif dan preferensi transitif. Namun pada prakteknya, tidak semua perbandingan berpasangan memenuhi hubungan seperti itu. Hal ini terjadi karena ketidak konsistenan dalam preferensi seseorang. Pengujian konsistensi umumnya didasarkan pada deviasi atau penyimpangan. Jika deviasi konsistensi kecil pada koefisien dalam matriks, maka deviasi nilai eigen juga kecil. Untuk menyatakan penyimpangan konsistensi dinyatakan melalui Indeks Konsistensi atau *Consistency Index* (CI) dengan persamaan sebagai berikut :

$$CI = \lambda_{\max} - n / n - 1$$

Dimana : CI = *Consistency Index*

λ_{\max} = nilai eigen maksimum

n = ukuran matriks

Apabila CI bernilai 0 (nol), maka matriks dapat dikatakan konsisten. Batas ketidak konsistenan (*inconsistency*) yang ditetapkan oleh Saaty (1999) diukur dengan menggunakan persamaan *Consistency Ratio* (CR) yang merupakan perbandingan antara *Consistency Index* (CI) dengan nilai Indeks Acak atau *Random Index* (RI). RI merupakan nilai indeks acak berdasarkan ukuran matriks (n) yang digunakan untuk menghitung *Consistency Ratio* (CR). Nilai RI yang digunakan sesuai dengan ordo matriks. Nilai CR diperoleh dengan rumus :

$$CR = CI / RI$$

Sedangkan nilai indeks acak dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai Indeks Acak (RI)

UM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48

(Sumber : Saaty, 1999)

Apabila nilai $CR \leq 10\%$ atau 0,1 maka matriks perbandingan dapat diterima atau dapat dikatakan konsisten. Sebaliknya jika nilai $CR \geq 10\%$ atau 0,1 maka masalah tersebut perlu dipelajari lagi dan dilakukan penyebaran kuesioner secara ulang.

2.4.3 Keunggulan AHP

Saaty (1999) juga mengemukakan beberapa keunggulan AHP adalah sebagai berikut :

1. Kesatuan

AHP memberikan model tunggal, mudah dimengerti, dan secara fleksibel dapat digunakan pada masalah tak terstruktur dalam lingkup yang luas.

2. Kompleksitas

AHP menyatukan pendekatan deduktif dan sistem untuk memecahkan masalah yang kompleks

3. Ketergantungan

AHP menyajikan ketergantungan antar elemen tanpa memaksakan pemikiran linear.

4. Struktur hierarki

AHP menggambarkan kecenderungan alamiah dalam mengelompokkan elemen-elemen dalam suatu sistem menjadi level atau tingkatan yang berbeda.

5. Ukuran

AHP menggunakan skala pengukuran satuan tidak dapat diukur (intangible) dan metode untuk menetapkan prioritas.

6. Konsistensi

AHP menghitung konsistensi logis penilaian yang digunakan dalam menetapkan prioritas.

7. Sintesis

AHP memberikan estimasi keseluruhan dari kemungkinan pemilihan semua alternatif.

8. Tradeoffs

AHP mempertimbangkan prioritas relatif faktor dalam suatu sistem dan memungkinkan dilakukannya pemilihan alternatif terbaik berdasarkan tujuan.

9. Penilaian dan konsensus

AHP tidak berdasarkan konsensus tetapi berdasarkan sintesis hasil penilaian yang beragam.

10. Pengulangan proses

AHP memungkinkan dilakukannya penyempurnaan definisi terhadap masalah dan meningkatkan penilaian serta pemahaman terhadap masalah melalui repetisi.

2.4.4 Kelemahan AHP

Walaupun AHP digunakan secara luas dalam penyelesaian permasalahan pengambilan keputusan multi kriteria, namun penerapannya masih sering menimbulkan kritik dari beberapa kelemahan AHP sebagai berikut (Saaty, 1999) :

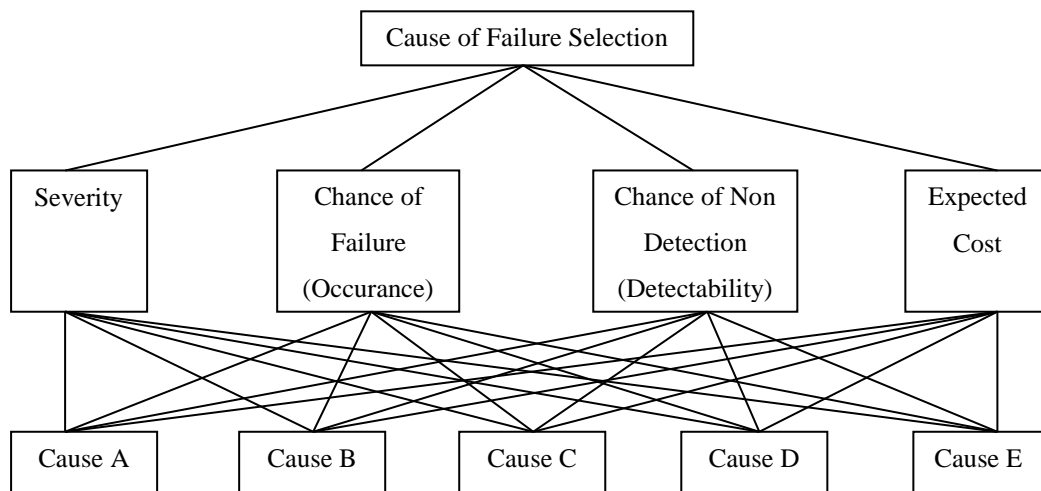
1. Metode AHP hanya sering digunakan dalam pembuatan keputusan yang hampir pasti.
2. AHP menggunakan skala estimasi yang tidak seimbang
3. AHP tidak mempertimbangkan resiko dan ketidakpastian dalam perhitungannya, karena telah menganggap nilai kepentingan relatif cukup mewakili hal tersebut.
4. Peringkat dalam AHP tidak begitu presisi.
5. Penilaian yang subjektif, pemilihan dan preferensi dari pembuat keputusan akan membawa pengaruh yang besar.

2.5 Metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA)

Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA) merupakan metode yang dikembangkan oleh Marcellio Braglia untuk mengatasi kelemahan yang terdapat pada FMEA dengan mengintegrasikan aspek-aspek konvensional pada *Failure*

Mode and Effect Analysis (FMEA) dengan mempertimbangkan aspek ekonomi (Braglia, 2000). Metode MAFMA melakukan perhitungan dengan teknik pengambilan keputusan multi kriteria dengan mengintegrasikan empat faktor yaitu *severity*, *occurance*, *detection*, dan *expected cost*.

Dalam jurnal Braglia dibahas model FMEA yang memperhitungkan aspek ekonomi ini sudah banyak dikembangkan misalnya Garrick dalam Braglia (1998) mempertimbangkan kriteria kualitas produk, lingkungan kerja yang aman, kerugian jumlah produksi, dan lain-lain. De Viva dkk dalam Braglia (1995) mempertimbangkan analisa ekonomi dari biaya kerugian produksi, biaya karena kualitas yang buruk, dan biaya pada saat pabrik tidak beraktivitas. Braglia menambahkan kriteria perkiraan biaya (*expected cost*) sebagai kriteria keempat yang jika disusun ke dalam hierarki akan berbentuk seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh Struktur Hierarki MAFMA
(Sumber : Braglia, 2000)

Metode MAFMA sendiri merupakan gabungan dari metode FMEA dengan metode AHP dimana biaya akibat kegagalan dihitung dengan perbandingan kualitatif (*qualitative pairwise comparison*). Biaya akibat kegagalan ini tidak dapat muncul bila tidak terdapat kegagalan atau kecacatan pada produk yang dihasilkan. Formulasi *ranking* prioritas penyebab kegagalan dilakukan dengan bantuan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sehingga mempermudah analisis

secara efektif dan efisien. Untuk mengetahui perbandingan dan perbedaan dari ketiga metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Perbandingan Metode FMEA, AHP, dan MAFMA

Metode	Keterangan
FMEA	Suatu metode yang digunakan dalam menentukan penyebab kegagalan dan efek yang ditimbulkannya.
AHP	Suatu metode untuk membantu merumuskan ranking prioritas dari kemungkinan penyebab kegagalan yang digambarkan ke dalam struktur hierarki dan dievaluasi dengan menggunakan teknik perbandingan berpasangan.
MAFMA	Suatu metode yang digunakan untuk melakukan analisis kritis dalam memprioritaskan penyebab kegagalan potensial dengan mempertimbangkan aspek ekonomi sehingga dapat dilakukan tindakan korektif untuk mengatasi penyebab kegagalan potensial tersebut.

(Sumber : Braglia, 2000)

Penggunaan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dilakukan berdasarkan pertimbangan berikut (Braglia, 2000) :

1. Perlunya untuk mengintegrasikan aspek konvensional pada FMEA berdasarkan tingkat *severity*, *occurance*, dan *detection* dengan pertimbangan ekonomi.
2. Evaluasi nilai RPN yang didapatkan berdasarkan perkalian sederhana dari nilai faktor adalah metode yang diperdebatkan. Sementara tidak semua perusahaan dalam setiap situasi memiliki kepentingan yang sama untuk setiap kriteria.

3. Tidak mudah untuk mengukur faktor kegagalan bahkan dengan penilaian linguistik.
4. Sama halnya dengan FMEA, AHP juga didukung oleh perangkat lunak komersial yang efisien sehingga memungkinkan staf pemeliharaan dapat dengan mudah melakukan investigasi terhadap kegagalan yang kompleks.

Metode AHP membantu untuk melakukan analisis secara sistematis dengan mengelompokkannya ke dalam struktur hierarki. Penyebab kegagalan utama sebagai level tujuan; faktor *severity*, *occurrence*, *detection*, dan *expected cost* sebagai level kriteria; dan sebagai level alternatif adalah penyebab kegagalan yang mungkin terjadi. Faktor-faktor dan alternatif penyebab kegagalan disusun dalam struktur hierarki dan diolah lebih lanjut dengan menggunakan uji perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) setelah dilakukan uji konsistensi terlebih dahulu. Uji konsistensi mengikuti rumus sama seperti uji konsistensi pada pendekatan AHP (Saaty, 1991).

2.5.1 Langkah-langkah Metode MAFMA

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

1. Pembuatan tabel FMEA
2. Penentuan bobot kriteria dengan AHP
3. Uji perbandingan berpasangan untuk alternatif di *Expected Cost*

Menurut Braglia (2000), 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. Hasil dari uji perbandingan berpasangan untuk alternatif di *expected cost* akan mendapatkan *local priority* alternatif di kriteria *expected cost*.

4. Menghitung *Local priority*

Setelah tabel FMEA dibuat, *local priority* untuk keempat faktor (*severity*, *occurrence*, *detection*, dan *expected cost*) dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{Local priority Severity} = \text{Nilai Severity/Total Severity}$$

Local priority Occurance = Nilai *Occurance*/Total *Occurance*

Local priority Detection = Nilai *Detection*/Total *Detection*

5. Menghitung *Global priority*

Global priority didapatkan dengan persamaan :

Global priority Severity = *Local priority severity* x bobot *severity*

Global priority Occurance = *Local priority Occurance* x bobot *Ocurance*

Global priority Detection = *Local priority Detection* x bobot *Detection*

Global priority Expected Cost = *Local priority Expected Cost* x bobot
Expected Cost

6. Menghitung Total Priority untuk tiap-tiap penyebab kegagalan

Total Priority = *Global Priority (Severity, Occurance, Detection, Expected Cost)*

Setelah mendapat *Total Priority*, barulah dapat dipilih jenis kegagalan potensial yang paling berpengaruh pada perusahaan. Metode MAFMA ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan FMEA karena dengan metode ini dapat dipilih penyebab kegagalan yang paling berpengaruh pada proses produksi dengan memasukkan aspek ekonomi sebagai pertimbangan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menggambarkan langkah-langkah atau kerangka pikir yang akan dijalankan pada penelitian ini. Tujuan dari pembuatan metodologi penelitian ini adalah agar proses dalam penelitian ini terstruktur dengan baik dan dapat mencapai sasaran. Metodologi penelitian ini terdiri dari tahapan-tahapan proses penelitian atau urutan-urutan langkah yang harus dilakukan oleh peneliti dalam menjalankan penelitiannya. Penelitian ini memiliki metodologi sebagai berikut :

3.1 Jenis dan Sumber Data

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

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung tanpa perantara, dapat berupa opini secara individual maupun kelompok atau merupakan hasil observasi. Data primer yang dikumpulkan dalam penelitian ini dilakukan melalui teknik *brainstroming* dengan pihak perusahaan untuk menentukan nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* pada setiap masing-masing kegagalan serta penyebaran kuesioner kepada pihak perusahaan untuk menentukan bobot kriteria dan alternatif dalam struktur hierarki MAFMA.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari data yang telah diteliti dan dikumpulkan oleh pihak yang berkaitan dengan permasalahan seperti buku atau literatur yang ada kaitannya dengan peningkatan kualitas menggunakan metode MAFMA (*Multi Attribute Failure Mode Analysis*). Data sekunder yang dikumpulkan dalam penelitian ini seperti data umum perusahaan, data

aliran proses produksi *pumping unit*, detail produk *pumping unit*, data ketidaksesuaian pada proses produksi *pumping unit (Non Conformance Report/NCR)*, serta data spesifikasi biaya akibat ketidaksesuaian pada proses produksi.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan pada Unit usaha *Oil and Gas Equipment (OGE)* PT Bukaka Teknik Utama yang beralamat di Jalan Raya Narogong Bekasi Km 19,5 Limus Nunggal Cileungsi Kabupaten Bogor. Objek pengamatan pada penelitian ini adalah *pumping unit type C114-119-100*. Pengambilan data dilakukan di hari kerja efektif Senin-Jumat pada bulan Februari sampai Juni 2015. Adapun metode pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Kepustakaan

Pengumpulan kepustakaan merupakan metode pengumpulan landasan teori dengan cara memperoleh data-data yang berasal dari literatur-literatur, buku-buku wajib, dan catatan-catatan kuliah yang ada hubungannya dengan materi yang akan dibahas. Pengumpulan kepustakaan ini merupakan data-data yang bersifat teori dan merupakan penunjang di dalam melaksanakan riset lapangan.

2. Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan merupakan metode pengumpulan data secara langsung dengan mendatangi perusahaan yang menjadi objek penelitian. Dalam penelitian ini, ada beberapa hal yang perlu dilakukan secara bertahap sebagai berikut :

- a. Observasi langsung, yaitu metode yang dilakukan melalui pengamatan langsung untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dan data-data yang akurat termasuk data historis perusahaan yang berkaitan dengan detail produk yang akan diteliti, jenis-jenis ketidaksesuaian pada proses produksi, sumber proses terjadinya ketidaksesuaian tersebut, frekuensi dari tiap kegagalan yang terjadi, serta biaya akibat ketidaksesuaian pada

proses produksi tersebut yang merupakan dokumentasi dari departemen *Quality Control (QC)*.

- b. Kuesioner, yaitu suatu teknik pengumpulan data dengan menggunakan angket yang berisi sejumlah pertanyaan yang harus dijawab/direspon oleh responden. Responden memiliki kebebasan untuk memberikan jawaban sesuai dengan persepsinya. Penyebaran kuesioner bertujuan untuk menentukan *judgement* dalam menghitung bobot masing-masing kriteria dan alternatif pada struktur hierarki MAFMA.

3.3 Teknik Analisis

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

1. Studi Lapangan

Studi ini dilakukan dengan melakukan penelitian lapangan diantaranya mengenai jumlah produksi, banyaknya cacat/ketidaksesuaian pada proses produksi, penentuan nilai *severity*, *occurance*, *detection*, serta penentuan bobot untuk setiap kriteria dan alternatif pada struktur hierarki MAFMA.

2. Studi Pustaka

Tahap selanjutnya adalah melakukan studi pustaka untuk menunjang penelitian mengenai teori-teori yang berkaitan dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), AHP (*Analytical Hierarchy Process*), dan MAFMA (*Multi Attribute Failure Mode Analysis*).

3. Perumusan Masalah

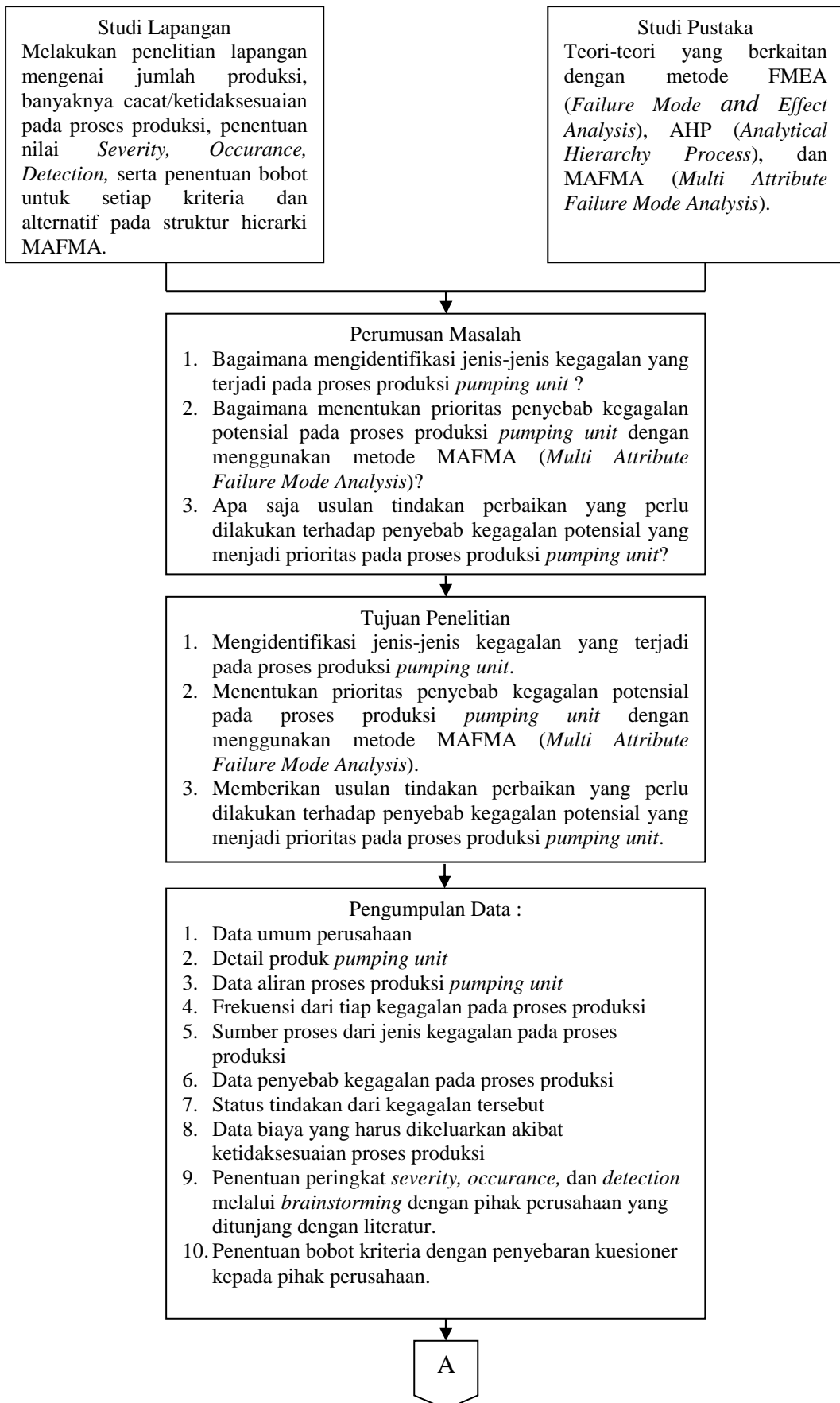
Setelah melakukan studi pendahuluan, langkah selanjutnya adalah membuat perumusan masalah. Adapun perumusan masalah yang terkait dengan penelitian ini adalah :

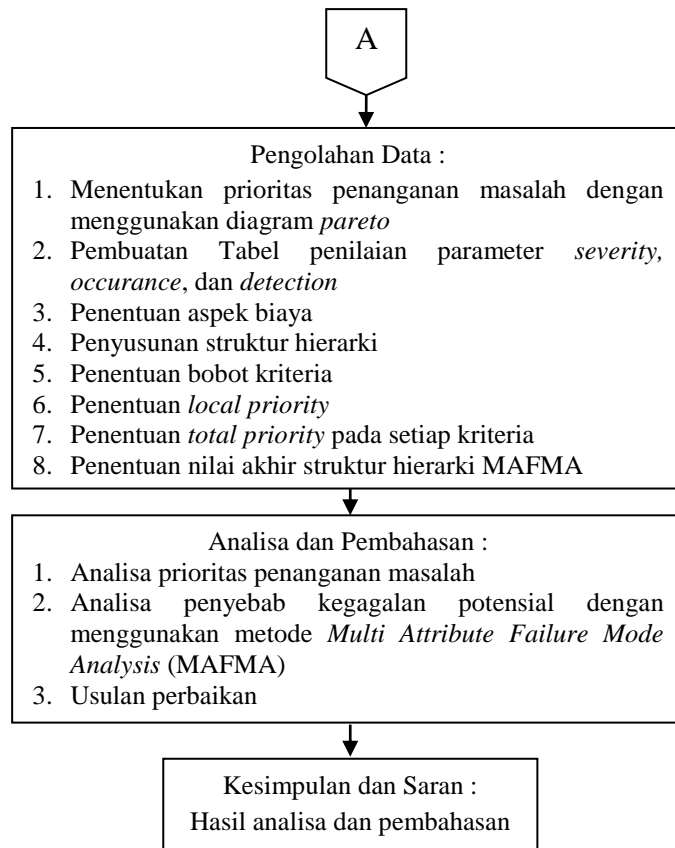
- a. Bagaimana mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan yang terjadi pada proses produksi *pumping unit* ?

- b. Bagaimana menentukan prioritas penyebab kegagalan potensial pada proses produksi *pumping unit* dengan menggunakan metode MAFMA (*Multi Attribute Failure Mode Analysis*)?
 - c. Apa saja usulan tindakan perbaikan yang perlu dilakukan terhadap penyebab kegagalan potensial yang menjadi prioritas pada proses produksi *pumping unit*?
4. Tujuan Penelitian
- Tujuan penelitian dibuat agar setiap langkah yang dilakukan dalam penelitian ini terarah dan tepat sasaran sesuai dengan perumusan masalah yang telah dibuat. Adapun tujuan penelitian ini adalah :
- a. Mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan yang terjadi pada proses produksi *pumping unit*.
 - b. Menentukan prioritas penyebab kegagalan potensial pada proses produksi *pumping unit* dengan menggunakan metode MAFMA (*Multi Attribute Failure Mode Analysis*).
 - c. Memberikan usulan tindakan perbaikan yang perlu dilakukan terhadap penyebab kegagalan potensial yang menjadi prioritas pada proses produksi *pumping unit*.
5. Pengumpulan Data
- Untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan, perlu dilakukan pengumpulan data yang dapat mendukung pemecahan masalah yang ada. Adapun data yang dikumpulkan sebagai berikut :
- a. Data umum perusahaan
 - b. Detail produk *pumping unit*
 - c. Data aliran proses produksi *pumping unit*
 - d. Frekuensi dari tiap kegagalan pada proses produksi
 - e. Sumber proses dari jenis kegagalan pada proses produksi
 - f. Data penyebab kegagalan pada proses produksi
 - g. Status tindakan dari kegagalan tersebut
 - h. Data biaya yang harus dikeluarkan akibat ketidaksesuaian proses produksi

- i. Penentuan peringkat *severity*, *occurance*, dan *detection* melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan yang ditunjang dengan literatur
 - j. Penentuan bobot kriteria dengan penyebaran kuesioner kepada pihak perusahaan
6. Pengolahan Data
- Tahap ini merupakan tahap dimana seluruh data yang diperlukan dikumpulkan dan diolah sesuai dengan metodologi yang telah ditetapkan. Tahap ini merupakan penerapan metode MAFMA. Adapun tahapan penerapan metode MAFMA adalah sebagai berikut :
- a. Menentukan prioritas penanganan masalah dengan menggunakan diagram *pareto*
 - b. Pembuatan Tabel penilaian parameter *severity*, *occurance*, dan *detection*
 - c. Penentuan aspek biaya
 - d. Penyusunan struktur hierarki
 - e. Penentuan bobot kriteria
 - f. Penentuan *local priority*
 - g. Penentuan *total priority*
 - h. Penentuan nilai akhir struktur hierarki MAFMA
7. Analisa dan Pembahasan
- Analisa masalah dan pembahasan dilakukan setelah pengolahan data. Untuk memeriksa hasil yang akan didapat, apakah telah sesuai dengan yang diinginkan maka dilakukan analisa diantaranya :
- a. Analisa prioritas penanganan masalah
 - b. Analisa penyebab kegagalan potensial dengan menggunakan metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA)*
 - c. Usulan perbaikan
8. Tahap Kesimpulan dan Saran
- Tahap ini merupakan kesimpulan akhir dari hasil penelitian. Selain itu juga peneliti memberikan saran-saran perbaikan dan peningkatan kualitas yang diterapkan oleh perusahaan sebagai bagian usaha dari peningkatan kualitas secara kontinyu berdasarkan implementasi metode MAFMA.

Teknik analisis data yang dijelaskan dapat digambarkan menjadi suatu diagram kerangka pemecahan masalah yang merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Berikut adalah diagram kerangka pemecahan masalah dalam penelitian yang dilakukan :





Gambar 3.1 Kerangka Pemecahan Masalah

3.4 State of The Art

Penyusunan tugas akhir ini mengambil referensi dari penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini. Adapun *State of The Art* dari penelitian tugas akhir ini dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3.1 *State of The Art*

Judul	Pembahasan
<p>MAFMA : Multi-Attribute Failure Mode Analysis</p> <p><i>(International Journal of Quality and Reliability Management)</i></p> <p>Marcello Braglia</p> <p>University of Pisa, Italy</p> <p>2000</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Metode MAFMA dapat digunakan untuk menentukan prioritas penyebab kegagalan serta menentukan tindakan korektif yang perlu dilakukan. • Metode MAFMA mengintegrasikan aspek konvensional pada FMEA dengan menambahkan faktor resiko biaya (<i>expected cost</i>). Sedangkan teknik AHP dalam metode MAFMA membantu dalam pengambilan keputusan secara sistematis ke dalam struktur hierarki. Penilaian kualitatif secara subjektif yang melibatkan sejumlah orang dapat diselesaikan melalui proses penentuan prioritas.
<p>Usulan Perbaikan Kualitas Pada Proses Produksi Pumping Unit Dengan Menggunakan Metode Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA) Di PT Bukaka Teknik Utama</p> <p>Rina Enggar Waty</p> <p>Politeknik STMI Jakarta</p> <p>2016</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat 7 penyebab kegagalan yang mengganggu kegiatan produksi <i>Pumping Unit</i>. • Setelah dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode MAFMA dapat diketahui penyebab kegagalan yang paling potensial pada proses produksi <i>Pumping Unit</i> yaitu Penyebab E. • Penyebab E (Metode inspeksi penerimaan masih secara visual) memiliki bobot prioritas tertinggi sehingga Penyebab E dinilai memiliki dampak yang besar pada kerusakan part dan memiliki potensi dalam menurunkan kualitas produk. • Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diusulkan tindakan perbaikan untuk mengurangi dan mencegah terulangnya kembali kegagalan pada proses produksi <i>Pumping Unit</i>.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pada suatu penelitian, data merupakan kunci untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dan metode pengumpulan data sangat berpengaruh untuk mendapatkan data yang benar. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data umum perusahaan, detail produk *Pumping Unit*, data aliran proses produksi *Pumping Unit*, Frekuensi dari tiap kegagalan pada proses produksi, Sumber proses terjadinya kegagalan, penyebab kegagalan, serta status tindakan dari masing-masing jenis kegagalan pada proses produksi.

4.1.1 Profil Perusahaan

PT. Bukaka Teknik Utama, Tbk (PT. BTU) adalah perusahaan swasta pribumi yang bergerak dalam bidang konstruksi, permesinan (*engineering*), transportasi, telekomunikasi, dan manufaktur terutama dalam bidang sarana umum. PT BTU berlokasi di daerah Cileungsi, Bogor, Jawa Barat, Indonesia. Pemilihan lokasi perusahaan merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan maju mundurnya perkembangan bidang usaha. Pemilihan lokasi perusahaan harus mampu mempertimbangkan beberapa faktor seperti : faktor geografis, faktor sosial, dan faktor transportasi. Alamat lengkap PT Bukaka Teknik Utama adalah sebagai berikut :

a. Alamat kantor pusat

BUKAKA INDUSTRIAL KOMPLEK, *Engineering Center 1st floor*, Jalan Raya Narogong Km 19,5 Cileungsi Bogor 16820, Jawa Barat, Indonesia. Letak gedung perkantoran sebagai kantor pusat yang tidak jauh dengan pabrik memudahkan komunikasi baik urusan ke dalam maupun ke luar negeri untuk meningkatkan bidang usaha secara efektif dan efisien.

b. Alamat pabrik

Jalan Raya Narogong Km 19,5 Cileungsi Bogor 16820 Jawa Barat, Indonesia. Lokasi pabrik sangat strategis karena terletak dipinggir jalan raya bekasi-

cibinong dan diapit oleh dua jalan tol utama yaitu jalan tol jagorawi dan jalan tol jakarta. Kawasan cileungsi sudah berkembang pesat menjadi kawasan industri yang tentu memberikan situasi yang sangat baik dalam perkembangan dan peningkatan eksistensi dunia usaha. Sedangkan untuk melengkapi fasilitas-fasilitas yang menunjang kelancaran perusahaan dan proses produksinya, PT Bukaka Teknik Utama menyediakan fasilitas antara lain : Pusdiklat, Poliklinik, Bus antar jemput, Masjid, koperasi, fasilitas perbankan, sarana olahraga, serta kantin dan mushola di setiap divisi.

4.1.2 Sejarah Umum dan Perkembangan Perusahaan

PT. BTU didirikan pada tanggal 25 Oktober 1978 dengan pendirinya Drs. Yusuf Kalla. Ide pertama untuk mendirikan PT. BTU ini yaitu ketika diumumkannya Surat Keputusan Menteri Perindustrian No.168/M/SK/1978 yang merupakan penegasan kembali dari Surat Keputusan Menteri No. 307/MIS/81/1976 tentang keputusan mengenai keharusan menggunakan komponen dalam negeri untuk perakitan kendaraan bermotor. Pada saat itu juga pemerintah sedang berencana untuk membeli unit mobil pemadam kebakaran secara besar-besaran. Ini merupakan kesempatan besar bagi perusahaan dalam negeri untuk menunjukkan kemampuannya. Dengan dikelola oleh tenaga ahli dari Indonesia dan fasilitas yang sederhana, PT. BTU berhasil memenuhi permintaan pemerintah walaupun dengan perjuangan yang tidak mudah.

Pada mulanya perusahaan ini merupakan sebuah *workshop* kecil berukuran 400m² yang bertempat di desa Babakan, Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor dengan jumlah karyawan yang masih sangat sedikit yaitu berjumlah 12 orang termasuk direktur dan sekretaris. Selain itu, sumber daya yang dimiliki pun masih kurang memadai terdiri dari 4 buah mesin las 200A, 1 buah kompresor dan bor duduk, 2 buah tabung las karbitan, bor tangan, gerindra, dan 60 KVA listrik genset. Produk pertama dari perusahaan ini yaitu mobil pemadam kebakaran.

Pada tahun 1981, PT. BTU dipercaya oleh pemerintah untuk membuat *Asphalt Mixing Plant (AMP)* yang merupakan suatu alat untuk membuat *hot mix* yang saat itu masih diproduksi di Negara Jepang. Jumlah karyawan pada saat itu

yaitu 259 orang. Pada tahun 1982, PT. BTU dipindahkan ke daerah Limus Nunggal yang areanya seluas 3 Ha. Lokasi ini cukup strategis, karena selain tidak begitu jauh dari perkotaan juga dekat dengan jalan tol jagorawi dan jalan tol Jakarta-Cikampek. Daerah ini merupakan daerah kawasan industri yang perkembangannya sangat pesat. Perkembangan ini membuat PT. BTU perlu menambah luas area pabrik, sehingga lokasinya dipindahkan dari daerah Babakan ke daerah Cileungsi yang menempati area seluas 65 Ha.

PT. BTU semakin menunjukkan kemampuannya dengan mengembangkan produk seperti *trailer* dan *container* (khusus pengangkut debu pabrik gula di Indonesia) dengan jumlah karyawan yang bertambah menjadi 608 orang. Pada tahun 1986 PT. BTU berhasil mengembangkan produk yang terdiri dari *High Voltage Transmission, Electric Tower, Galvanizing Plant, Conveyor, Control System, dan Pumping unit*. Jumlah karyawan pada saat itu meningkat menjadi 806 orang. Pada tahun 1988, PT. BTU berhasil memproduksi *Asphalt Finisher* dan membuat *Prototype* dari *Passenger Boarding Bridge*. Walaupun belum pernah dibuat sebelumnya, tetapi produk ini langsung diekspor ke Negara Jepang, Malaysia, dan Thailand dengan jumlah karyawan pada saat itu 985 orang. Karena keberhasilan tersebut, pada tahun 1989 PT. BTU menerima penghargaan Upakarti. Tidak itu saja, pada tahun 1990 PT. BTU berhasil mengekspor satu set Garbarata (*Boarding Bridge*) ke Negara Jepang serta merancang *prototype* produk baru *Gear Reducer* untuk *pumping unit* dan *Cross Container* untuk pelabuhan. Jumlah karyawan pada saat itu berjumlah 1.245 orang.

Di samping itu, PT. BTU juga terus memperbaiki mutu produk dan berhasil mendapatkan sertifikasi ISO 9001 untuk produk *Steel Tower, Boarding Bridge*, dan jembatan. Pada tahun 1993, perkembangan PT. BTU semakin pesat diantaranya tumbuh kembangnya anak perusahaan PT. Bukaka Forging, Bukaka Cable, dan Bukaka Motor. Pada tahun yang sama PT. BTU mendapatkan sertifikasi API Spec Q1 (Sertifikasi mutu di bidang produk perminyakan) untuk produk pompa angguk (*Pumping unit*). Pada tahun 1994 PT. BTU berhasil menyelesaikan 5 proyek besar dengan tepat waktu diantaranya sebagai berikut :

1. *Conveyor System* untuk *Coal* terminal PT Fajar Bumi Sakti (anak perusahaan Bakrie Group) yang berlokasi di Loa Tenggarong (Kalimantan Timur).
2. Garbarata untuk PT. Bukit Asam PLTU Unbilin
3. Jaringan transmisi di Surabaya, Cilegon, Gandul, Gandal, dan Tampak Lorok.
4. *Coal Handle* yang merupakan proyek spektakuler untuk PLTU Paiton.

Selain itu, PT. BTU berhasil meraih prestasi puncak dengan keberhasilan melakukan penawaran saham kepada umum (*Go Public*). Hal ini bertujuan untuk meningkatkan profesionalisme, meningkatkan kepercayaan konsumen, serta meningkatkan kesempatan untuk mengembangkan perusahaan. Pada tahun 1995, PT. BTU melakukan desentralisasi direktorat keuangan dimana semua fungsi keuangan dan akunting akan lebih banyak diserahkan ke masing-masing divisi. Desentralisasi hanya dilakukan pada tahun ini karena dana yang diperoleh besar, likuiditas akan terdorong dengan adanya *Go Public*. Perusahaan juga mengalami kesuksesan dengan masuknya 40% bursa ke dalam pasar bursa yang telah didaftarkan terlebih dahulu.

Pertumbuhan asset perusahaan terus meningkat dengan pendapatan di atas rata-rata 50% setiap tahun. Produk pelabuhan udara seperti *bridge* masih menjadi pemimpin produk yang mencakup hampir 25% penguasaan pasar di dunia dengan jumlah produksi 300 jembatan. Kemampuan yang dimiliki perusahaan dalam memproduksi alat berat menjadi partner yang menarik bagi perusahaan asing. Negara-negara yang menjadi partner antara lain Amerika Serikat, Inggris, Kanada, Jepang, dan Belgia.

4.1.3 Visi, Misi, dan Tujuan Perusahaan

Untuk memberi panduan dalam menjalankan usahanya, manajemen PT. Bukaka Teknik Utama menetapkan visi, misi, dan tujuan perusahaan yaitu :

Visi :

“Menjadi Perusahaan Nasional kelas dunia yang unggul di bidang rekayasa dan industri.”

Misi :

“Ikut serta memajukan bangsa dengan menjadi perusahaan nasional kelas dunia yang unggul di bidang rekayasa dan konstruksi dengan mengandalkan inovasi, kreativitas, dan mutu.”

Tujuan Perusahaan :

1. *Profitability Growth*
2. *Market Share*
3. *Social Responsiveness*

4.1.4 Kegiatan Usaha Perusahaan

PT. BTU merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang rekayasa/desain alat industri berat. Perusahaan ini memproduksi berbagai peralatan konstruksi berat, peralatan transportasi khusus, mesin pertambangan, dan mesin pertanian. Peralatan yang diproduksi antara lain :

1. Peralatan konstruksi berat pada pembuatan jalan yaitu :
 - a. *Bukaka Asphalt Plan*
 - b. *Bukaka Stone Crusher*
 - c. *Bukaka Asphalt Sprayer*
 - d. *Bukaka Asphalt Distributor*
 - e. *Bukaka Asphalt Melting Kettle*
2. Alat Transportasi dan kendaraan khusus :
 - a. Mobil pemadam kebakaran
 - b. Mobil pengangkut sampah
 - c. *Dump Truck*
 - d. *Trailer Truck*
 - e. *Lubrication Truck*
 - f. *Fire Boat*
 - g. *Crane Container*
 - h. *Fuel Tank Truck*
 - i. *Fire Fighting Truck*
 - j. *Mini Shunter*

3. Mesin-mesin untuk pertambangan dan industri :
 - a. *Pumping unit*
 - b. *Belt Conveyor*
 - c. *Screening Conveyor*
 - d. *Srew Conveyor*
 - e. *Over head Crane*
4. Mesin-mesin untuk pabrik pertanian dan pertambangan :
 - a. *Seed processing plant*
 - b. *Rice milling plant*
 - c. *Coffe processing plant*
 - d. Industri konstruksi baja
 - e. Konstruksi baja untuk bangunan tingkat
 - f. Konstruksi jembatan
 - g. Menara air
 - h. Menara tegangan tinggi (*steel tower*)
5. *Galvanize plant* :
 - a. Garbarata (*Boarding Bridge*)
 - b. Pelapisan industri baja

4.1.5 Profil Unit Usaha

Saat ini PT. Bukaka Teknik Utama menerapkan sistem unit usaha (*Strategic Bussiness Unit*), yaitu memberi otoritas penuh masing-masing bagian untuk mengelola usaha sendiri tetapi tetap dalam pengawasan dan pembinaan manajemen puncak. Unit usaha tersebut antara lain :

1. *Passenger Boarding Bridge.*

Memproduksi fasilitas bandara seperti Garbarata (*Gangway/Boarding Bridge*), *truck catering*, truk penyapu landasan pacu, dan lain-lain.

2. *Oil and Gas Equipment.*

Produk utama yang dihasilkan unit *Oil and Gas Equipment* adalah *pumping unit* (pompa angguk) untuk keperluan penyedotan minyak bumi, namun seiring permintaan pasaran yang terus mendesak untuk mengerjakan proyek-

proyek lain, maka unit *Oil and Gas Equipment* juga mengerjakan proyek Pabrik Kelapa Sawit di Kalimantan, proyek *Gangway* di Cilegon, dan proyek dari Petrokimia Gresik.

3. *Steel Tower.*

Memproduksi menara transmisi listrik tegangan tinggi serta menara komunikasi. Unit *Steel Tower* pernah memproduksi menara transmisi di Bali dengan ketinggian 378m dan panjang 1500m. Menara tersebut merupakan menara transmisi tertinggi di dunia.

4. *Road Construction Equipment.*

Unit usaha *Road Construction Equipment (RCE)* memproduksi peralatan-peralatan sebagai penunjang pekerjaan jalan, antara lain *Asphalt Mixing Plant (AMP)*, *Stone Crusher*, *Asphalt sprayer*, dan lain-lain. Proyek pertama PT.Bukaka Teknik Utama dari pemerintah yaitu pengadaan 20 Unit *Asphalt Mixing Plant (AMP)*.

5. *Steel Bridge.*

Unit usaha yang memproduksi Jembatan rangka baja ini merupakan salah satu produsen pembuat jembatan terbaik di Indonesia. Hal tersebut terbukti dari beberapa proyek-proyek yang dikerjakan oleh unit usaha *Steel Bridge*. Jembatan yang telah dibangun antara lain jembatan Pela and Mahulu di Kalimantan Timur, jembatan Kahayan dan Kalahien Kalimantan tengah, jembatan Siak Tiga, jembatan Teluk Masjid, dan jembatan Siak Empat di Pekanbaru, Riau.

6. *Power Generation.*

Merekondisi generator dan bekerjasama dengan PLN menyediakan listrik tenaga diesel di beberapa kota seperti Ambon, Banjarmasin, dan lain – lain.

7. *Galvanize.*

Memproduksi material yang telah dilakukan pelapisan besi dengan seng untuk menghasilkan material anti karat dan lebih kuat.

8. *Special Purpose Vehicle.*

Unit yang memproduksi kendaraan-kendaraan khusus dengan fungsi tertentu sesuai dengan permintaan konsumen. Produk yang dihasilkan antara lain mobil pemadam kebakaran, mobil *rescue*, mobil penyapu jalan, dan lain-lain.

9. *Offshore Maintenance and Service.*

Bukaka cabang Balikpapan menjadi kontraktor bagi perusahaan di Balikpapan antara lain di bidang perminyakan seperti *Unocoal* dan *Total*.

4.1.6 Struktur Organisasi Perusahaan

PT Bukaka Teknik Utama telah mengalami beberapa kali sistem organisasi. Hal ini dimaksudkan untuk perbaikan sistem sehingga diperoleh sistem organisasi yang dapat meningkatkan kinerja perusahaan. Perusahaan ini dipimpin oleh seorang presiden direktur yang membawahi beberapa direktur yaitu Direktur HR & GA (*Human Resource & General Affair*), Direktur Keuangan, dan Direktur Operasional. Masing-masing direktur membawahi unit usaha di PT Bukaka Teknik Utama sehingga ada sentralisasi di masing-masing bidang. Struktur organisasi pada PT Bukaka Teknik Utama terdapat pada lampiran A.

Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai tugas dari setiap bagian secara struktural pada PT Bukaka Teknik Utama.

1. Presiden Direktur

Tugas :

- a. Bertindak sebagai pimpinan perusahaan yang juga memberikan motivasi kepada bawahannya agar dapat bekerja secara optimal.

2. Direktur HR & GA (*Human Resource dan General Affair*)

Tugas :

- a. Melaksanakan dan mengawasi proses rekrutmen terhadap karyawan baru
- b. Mengadakan pelatihan terhadap sumber daya manusia yang ada di perusahaan

3. Direktur Keuangan

Tugas :

- a. Menyelenggarakan administrasi keuangan dari seluruh aktivitas perusahaan
- b. Mengatur kelancaran jalannya keuangan di dalam perusahaan

4. Direktur Operasional

Direktur operasional membawahi seluruh unit usaha dan pendukung operasional (*supporting*).

Tugas :

- a. Mengatur dan mengawasi aktivitas produksi mulai dari proses pengadaan bahan baku sampai barang jadi.
- b. Melakukan penjaminan terhadap kualitas produk perusahaan
- c. Melakukan inspeksi dan pengawasan terhadap mesin-mesin serta bertanggung jawab atas mesin tersebut
- d. Membantu direktur dalam perencanaan produksi termasuk perencanaan bahan baku, bahan penolong, dan peralatan lainnya.

5. *Human Resource*

Tugas :

- a. Melakukan analisa, observasi, perencanaan, dan pengambilan keputusan terkait rekrutment, *training*, personalia, dan IT.
- b. Membuat memo internal yang berisi aturan kerja dan kebijakan perusahaan
- c. Membantu pimpinan/management dalam menyelesaikan masalah internal dan eksternal yang berhubungan dengan permasalahan maupun *bussiness development*
- d. Menjalankan kegiatan pengembangan skill terhadap sumber daya manusia yang sesuai dengan kebijakan perusahaan

6. *Supporting*

Tugas :

- a. Mengurus segala sesuatu yang berhubungan dengan kegiatan kantor dalam hal peralatan kerja dan sarana prasarana

- b. Melakukan aktivitas pemeliharaan atas seluruh fasilitas dan sarana penunjang, serta melakukan proses penggantian atas fasilitas/sarana penunjang yang rusak

7. *General Affair*

Tugas :

- a. Menangani hubungan yang berkaitan dengan *vendor* atau supplier yang dipakai oleh perusahaan
- b. Melakukan survei tingkat kepuasan atas pelayanan yang diberikan kepada seluruh karyawan/unit dalam perusahaan untuk tujuan peningkatan kualitas/mutu, ketepatan dan kecepatan pelayanan yang diberikan.

8. *Safety, Health, and Environment (SHE)*

Tugas :

- a. Memastikan keselamatan kerja memenuhi persyaratan SHE
- b. Menerapkan dan mempromosikan program SHE
- c. Melakukan inspeksi keamanan secara rutin dan tindak lanjut
- d. Melakukan diklat kewanamanan secara rutin

9. *Quality Control (QC)*

Tugas :

- a. Bertanggung jawab untuk menjaga dan meningkatkan kualitas produk perusahaan
- b. Memonitor setiap proses yang terlibat dalam proses produksi
- c. Bertanggung jawab untuk dokumentasi inspeksi dan tes yang dilakukan pada produk perusahaan
- d. Menjaga *checklist* proses inspeksi dan protokol yang digunakan dalam suatu perusahaan
- e. Bertanggung jawab untuk mengidentifikasi masalah dan isu-isu mengenai kualitas produk dan membuat rekomendasi kepada otoritas yang lebih tinggi

10. *Safety Representative*

Tugas :

- a. Membantu tugas-tugas SHE pada masing-masing unit usaha
- b. Merencanakan pelatihan yang berkaitan dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

11. *Quality Assurance*

Tugas :

- a. Bertanggung jawab dalam hal memperbaiki mutu produk secara keseluruhan
- b. Memahami *spesification customer* dan standar yang berhubungan dengan produk
- c. Membuat prosedur inspeksi dan mendokumentasikan hasil inspeksi
- d. Bertanggung jawab dalam hal sertifikasi produk

12. *System Development*

- a. Bertanggung jawab dalam sistem pengoperasian dan sub sistem yang berhubungan
- b. Meningkatkan *support* di tingkat sistem untuk pengoperasian sistem bagi *multi-user*, peralatan *hardware* dan *software*, termasuk instalasi, konfigurasi, perbaikan, dan pemeliharaan segala perangkat tersebut

13. *Information Technology (IT)*

- a. Bertanggung jawab dalam merancang, memasang, dan memelihara *software*, *hardware*, dan jaringan yang digunakan agar berfungsi sesuai dengan kebutuhan *user*.
- b. Bertanggung jawab dalam mengelola sistem informasi dan teknologi perusahaan
- c. Melakukan koordinasi dengan setiap unit usaha mengenai kebutuhan akan sistem perusahaan

4.1.7 Sistem Kerja

Jam kerja karyawan terbagi menjadi 3 shift. Adapun waktu kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Shift 1 : 07.00 WIB - 15.30 WIB dan istirahat : 12.00 WIB - 13.00 WIB
2. Shift 2 : 16.00 WIB – 22.30 WIB dan istirahat : 18.00 WIB – 19.00 WIB
3. Shift 3 : 23.00 WIB – 07.00 WIB dan istirahat : 04.00 WIB – 05.00 WIB

Sistem shift ini berlaku untuk semua departemen yang berhubungan langsung dengan proses produksi. Untuk departemen yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi tidak melakukan sistem kerja shift seperti bagian *main office* dan *engineering*. Hari kerja senin sampai dengan jumat jam 07.30 WIB – 16.00 WIB sedangkan pada jam 07.00 WIB – 07.30 WIB setiap karyawan pada masing-masing divisi melakukan briefing sekaligus pergantian shift 3 ke shift 1. Dalam keadaan pekerjaan penuh perusahaan memberlakukan ekstra jam kerja atau wajib masuk (lembur) untuk hari sabtu dan minggu dengan jam kerja yang sama.

4.1.8 Proses Produksi

Divisi *Oil and Gas Equipment (OGE)* memproduksi barang dengan sistem *job order* sehingga pada saat ada pesanan, maka akan dibuat rencana produksi beserta tenggang waktu penyelesaian produk pesanan. Pada setiap pesanan umumnya tidak hanya untuk proses pembuatannya saja, tetapi mulai dari desain produk sampai dengan instalasi dan pengujian produk *Pumping Unit*. Kegiatan produksi yang dilakukan tidak rutin dan berbeda urutannya sesuai dengan jenis dan jumlah pesanan produk. Secara garis besar, proses pengerjaan pesanan dimulai pada saat pelanggan dan PT Bukaka Teknik Utama melakukan tender untuk pembelian sejumlah *Pumping Unit*. Setelah tender mencapai kesepakatan kemudian dilakukan penanganan order yang dimulai dari bagian *engineering* yang akan menggambar design produk sesuai dengan kesepakatan tender. Selanjutnya dilakukan proses produksi termasuk pemesanan material untuk keperluan proses produksi yang disesuaikan dengan desain dan kesepakatan yang tercantum dalam SIP (Standar Instruksi Pengerjaan). Setelah proses produksi selesai, produk *Pumping Unit* akan dikirimkan ke pelanggan. Apabila ditemukan ketidakpuasan pelanggan akibat ketidaksesuaian kualitas produk, teknisi akan dikirimkan untuk

memperbaiki komponen yang cacat/*defect*. Bagan aliran proses produksi *Pumping Unit* dapat dilihat pada lampiran A.

Proses produksi *Pumping Unit* dilakukan berdasarkan desain dan keinginan pelanggan yang tercantum dalam SIP (Standar Instruksi Pengerjaan). Untuk membuat satu unit produk *Pumping Unit* diperlukan beberapa komponen penyusun yang harus dibuat dan kemudian dirakit (*assembly*) menjadi produk *Pumping Unit*. Komponen-komponen tersebut harus melalui proses *manufacturing* seperti *cutting*, *drawing*, *welding*, *drilling*, *machining*, dan lain sebagainya. Secara garis besar, aliran proses produksi *Pumping Unit* terdiri dari :

1. Pemotongan (*cutting*)

Proses ini dilakukan dengan memotong bahan sesuai dengan desain yang telah dibuat. Untuk pemotongan material besi digunakan mesin potong dan gas, sedangkan pemotongan bahan lain disesuaikan dengan jenis bahan.

2. Pemesinan (*machining*)

Pada tahap ini, material diproses dengan pengerjaan menggunakan mesin sesuai desain yang dikehendaki. Mesin yang digunakan antara lain bubut, skrap, dan gerindra.

3. Pengelasan (*welding*)

Proses ini dilakukan dengan menyambung besi dengan mesin las listrik dan elektroda atau dengan las argon.

4. Pengecatan (*painting*)

Proses ini merupakan pelapisan permukaan besi yang telah bebas dari karat dengan menggunakan cat yang terdiri dari cat dasar dan cat luar.

5. Perakitan (*assembling*)

Pada tahap ini, komponen penyusun produk dirakit menjadi satu kesatuan yang lebih besar untuk mempermudah pengiriman.

6. Pengemasan (*packing*)

Pada tahap ini komponen-komponen penyusun produk *pumping unit* akan diikat lalu dimasukkan ke dalam kotak kayu dan siap dikirimkan ke pelanggan.

7. Pengiriman barang (*delivery*)

Barang yang telah selesai dikemas kemudian dikirimkan ke pelanggan.

4.1.9 Observasi Produk *Pumping Unit*

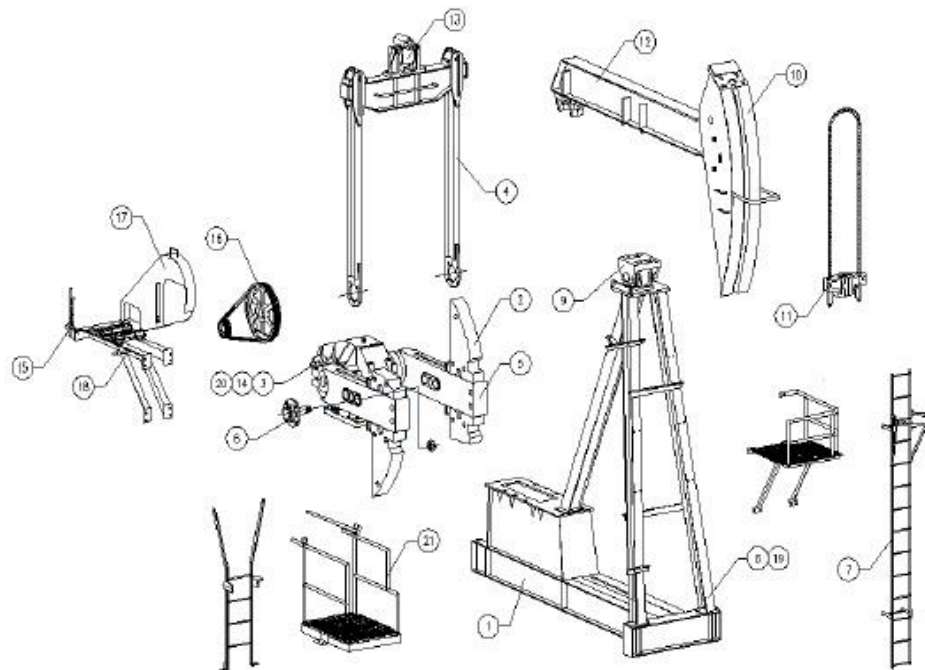
Pumping Unit (Pompa Angguk) merupakan produk dari unit usaha *Oil and Gas Equipment (OGE)* pada PT Bukaka Teknik Utama. Produk *Pumping Unit* ini sudah mendapatkan sertifikasi *API (American Petroleum Institute)* yaitu sistem manajemen mutu untuk industri minyak dan gas. Gambar produk *Pumping Unit* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Produk *Pumping Unit* PT Bukaka Teknik Utama
(Sumber : Divisi *Oil and Gas Equipment*)

Prinsip kerja dari *Pumping Unit* ini yaitu dengan bergerak mengangguk naik turun. Di dunia migas (minyak bumi dan gas), pompa ini merupakan salah satu alat yang dipakai untuk menaikkan minyak bumi dari dalam sumur ke permukaan tanah. Metode pompa ini dipakai untuk sumur-sumur yang sudah tidak memiliki tekanan yang cukup untuk menaikkan atau mengalirkan minyak bumi sampai ke permukaan. Pompa angguk merupakan jenis pompa yang paling banyak digunakan di lapangan minyak berat dengan kedalaman sumur antara 400-900 *feet* atau 121.92-274.32 meter. Sumber tenaga penggerak utama dari seluruh rangkaian

unit komponen baik di atas permukaan maupun komponen di dalam sumur adalah mesin penggerak (*prime mover*). Komponen produk *Pumping Unit* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1. Frame Base Ass'y | 11. Wire Line & Carrier Bar Ass'y |
| 2. Counter Weight Assy | 12. Walking Beam |
| 3. Gear Reducer | 13. Tail Bearing Ass'y |
| 4. Equalizer & Pitman Ass'y | 14. Drum Brake Ass'y |
| 5. Crank Ass'y | 15. Racket Brake Handle Ass'y |
| 6. Wrist Pin Bearing Ass'y | 16. Pulley & V' Belt Ass'y |
| 7. Ladder Ass'y | 17. Belt Guard Ass'y |
| 8. Samson Post Ass'y | 18. Frame Extension Ass'y |
| 9. Saddle Bearing Ass'y | 19. Lubrication System |
| 10. Horse Head Ass'y | 20. Oil Level |
| | 21. Platform Frame Extension |

Gambar 4.2 Komponen Produk *Pumping Unit*

(Sumber : Divisi *Oil and Gas Equipment*)

Komponen produk *Pumping Unit* :

1. *Frame Base*

Frame Base adalah komponen yang secara spesifik dirancang dan dibuat untuk mendukung komponen mesin yang membutuhkan struktur rangka tanam tambahan. *Structural Frame Base (SFB)* digunakan untuk mendukung komponen mesin dan menyediakan fondasi yang tetap (*rigid*) untuk pemasangan isolator getaran, tanpa memberikan ruang untuk perbedaan

gerakan yang signifikan antara komponen-komponen yang berputar. SFB membuat komponen mesin dapat distabilkan dan getaran dapat dikurangi dengan menurunkan titik beban dari komponen tersebut.

2. *Counter Weight*

Counter Weight adalah sepasang pemberat yang berfungsi untuk :

- a. Mengubah gerakan berputar dari *prime mover* menjadi gerakan bolak-balik naik turun
- b. Menyimpan tenaga *prime mover* pada saat *down-stroke* atau saat *counter weight* menuju ke atas yaitu pada saat kebutuhan tenaga kecil atau minimum.
- c. Membantu tenaga *prime mover* pada saat *up-stroke* atau saat *counter weight* bergerak ke bawah sebesar tenaga potensialnya. Kerja *prime mover* terbesar yang dibutuhkan adalah pada saat *up-stroke* dimana minyak ikut terangkat ke atas atau ke permukaan.

3. *Gear Reducer*

Gear Reducer merupakan transmisi yang berfungsi untuk mengubah kecepatan putar dari *prime mover*. Gerak putaran dari *prime mover* diteruskan ke *gear reducer* dengan menggunakan *belt*.

4. *Equalizer & Pitman Assembly*

- a. *Equalizer* adalah bagian atas dari *pitman* yang dapat bergerak secara leluasa. *Equalizer* menyatu dengan *walking beam* sehingga gerakan *walking beam* dan *horse head* akan terpengaruh pada *equalizer* pada saat pompa beroperasi.
- b. *Pitman* merupakan sepasang tangkai yang menghubungkan antara *crank* pada *pitman bearing* dengan bagian *equalizer* yang tersambung antara *tail bearing* pada *walking beam*. Fungsinya mengubah dan meneruskan gerak berputar menjadi gerak bolak-balik naik turun dan *pitman* ini akan menggerakkan *walking beam*.

5. *Crank*

Crank merupakan sepasang tangkai yang menghubungkan *crank shaft* pada *gear reducer* dengan *counter weight*. Pada *crank* ini terdapat lubang-lubang

tempat kedudukan *pitman bearing* dan ujung bawah dari *pitman*. Besar kecilnya langkah atau *stroke* pemompaan yang diinginkan dapat diatur dari sini dengan mengubah-ubah letak ujung bawah *pitman* mendekati maupun menjauhi *counter weight*. Apabila kedudukan ujung bawah *pitman* digeser ke posisi lubang mendekati *counter weight*, maka langkah pemompaan menjadi bertambah besar, demikian pula sebaliknya apabila kedudukan ujung bawah *pitman* digeser ke posisi lubang menjauhi *counter weight* ke arah *crank shaft* maka langkah pemompaan menjadi kecil.

6. *Wrist Pin Bearing Assembly*

Wrist Pin Bearing adalah pin yang menempel pada *Crank*.

7. *Ladder Assembly*

Ladder adalah komponen yang berfungsi untuk membantu pemeriksaan (inspeksi) pada bagian yang tinggi dari produk *pumping unit* seperti *saddle bearing assembly*.

8. *Samson Post Assembly*

Samson Post merupakan kaki-kaki penyangga atau penopang *walking beam*.

9. *Saddle Bearing Assembly*

Saddle Bearing Assembly adalah tempat kedudukan dari *walking beam* pada *samson post* bagian atas.

10. *Horse Head*

Horse Head adalah komponen yang berfungsi untuk meneruskan gesekan dari *walking beam* ke unit pompa di dalam sumur melalui *bridle*, *polished rod*, dan *sucker rod string* atau merupakan kepala dari *walking beam* yang menyerupai bentuk kepala kuda.

11. *Wireline and Carrier Bar Assembly*

a. *Carrier Bar* merupakan komponen yang berfungsi sebagai penyangga *polished rod clamp*. *Carrier bar* ini dikaitkan dengan *wire line hanger* yang selanjutnya dihubungkan dengan *horse head*.

b. *Wire line (bridle)* merupakan sepasang kabel baja yang dihubungkan pada *carrier bar*, dengan demikian *carrier bar* bergantung pada *bridle* yang akan dihubungkan ke *horse head*.

12. *Walking Beam*

Walking Beam merupakan tangkai horizontal yang berada di bagian atas *Pumping Unit* yang menyambung langsung dengan *horse head* dengan bantuan *shaft*. *Walking beam* berfungsi untuk mengubah gerak berputar dari *prime mover* menjadi gerak naik turun dan meneruskan energi pompa di dalam sumur melalui *polished rod* dan *sucker rod string*.

13. *Tail Bearing*

Tail Bearing adalah komponen *walking beam* untuk menyambungkan *equalizer*.

14. *Drum Brake Assembly*

Brake System adalah komponen yang berfungsi untuk menghentikan gerakan pompa jika dibutuhkan, misalnya pada saat dilakukan reparasi sumur atau *maintenance pumping unit*.

15. *Pulley & V-Belt Assembly*

- a. *Pulley* adalah komponen yang berfungsi sebagaiudukan penerus daya putaran mesin ke *V-belt*.
- b. *V-belt* adalah ban mesin yang dibuat dari karet yang berlapis-lapis. *V-belt* digunakan untuk menyalurkan putaran dari *prime mover*.

16. *Belt Guard Assembly*

Belt Guard adalah komponen yang berfungsi sebagai *cover* untuk melindungi *v-belt* antara motor dan *gear reducer*.

17. *Frame Extension Assembly*

Frame Extension merupakan *frame* yang digunakan sebagai tempat berdiri operator saat *setting* atau *assembly pumping*.

18. *Platform Samson Post*

Platform Samson Post adalah komponen yang berfungsi sebagai pondasi untuk *samson post*.

19. *Polished rod clamp*

Polished rod clamp merupakan komponen yang terletak di atas *carrier bar* yang berfungsi untuk mengeraskan kaitan *polished rod* dengan komponen-komponen di atasnya agar tidak lepas selama *pumping unit* bekerja.

20. *Polished rod*

Polished rod merupakan bagian dari tangki atau *string* pompa yang terletak paling atas. Fungsinya adalah untuk menghubungkan antara rangkaian *sucker rod* dengan komponen-komponen diatas permukaan.

21. *Stuffing Box*

Stuffing Box adalah komponen yang dipasang diatas kepala sumur (*casing/tubing head*) untuk mencegah atau menahan minyak agar tidak ikut keluar bersama dengan naik turunnya *polished rod* sehingga seluruh minyak hasil pemompaan akan mengalir ke *flow line* lewat *cross tree*. Selain itu, *stuffing box* juga berfungsi sebagai tempat kedudukan *polished rod* sehingga dapat bergerak naik turun tegak lurus dengan leluasa.

4.1.10 Data Cacat Produksi *Pumping Unit*

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, Unit usaha *Oil and Gas Equipment* memproduksi *pumping unit* untuk keperluan penyedotan minyak bumi. Oleh karena jumlah produksi yang tidak menentu dan berdasarkan jumlah order dari pelanggan, maka jenis *pumping unit* yang akan diteliti adalah tipe *C114-119-100* yang diproduksi berjumlah 40 unit. Berdasarkan data cacat pada proses produksi, maka diperoleh data jenis kegagalan serta jumlah kegagalan yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Cacat Produksi *Pumping Unit*

Jenis Kegagalan	Keterangan	Jumlah kegagalan (unit)	Sumber Proses	Jenis Material	Status
<i>Failure A</i>	<i>Crank</i> (dimensi tinggi rahang tidak sesuai dengan dimensi pada gambar)	2	<i>Drawing</i>	<i>Casting Material</i>	Diperbaiki
<i>Failure B</i>	<i>Riser Box</i> (dimensi pemasangan <i>Rip</i> tidak sesuai dengan gambar)	2	<i>Cutting</i>	<i>Raw Material</i>	Diperbaiki
<i>Failure C</i>	<i>Crank</i> (lubang baut pada kepala <i>Crank</i> tidak sesuai gambar/tidak <i>center</i>)	1	<i>Drilling</i>	<i>Casting Material</i>	Diperbaiki

(Sumber : Divisi *Oil and Gas Equipment*)

Tabel 4.1 Data Cacat Produksi *Pumping Unit* (lanjutan)

Jenis Kegagalan	Keterangan	Jumlah kegagalan (unit)	Sumber Proses	Jenis Material	Status
<i>Failure D</i>	<i>Housing Tail</i> (lubang baut untuk <i>Cover tail</i> tidak sesuai spesifikasi, baut tidak masuk secara maksimal)	2	<i>Drilling</i>	<i>Raw Material</i>	Diperbaiki
<i>Failure E</i>	<i>Housing Wrist Pin</i> (<i>defect</i> pada lubang <i>bearing</i> “tirus”)	1	<i>Drilling</i>	<i>Raw Material</i>	Diperbaiki
<i>Failure F</i>	<i>Walking Beam</i> (dimensinya tidak sesuai dengan gambar)	1	<i>Cutting</i>	<i>Raw Material</i>	Diperbaiki
<i>Failure G</i>	<i>Ladder samson post</i> (tidak sesuai dengan spesifikasi/bengkok)	1	<i>Material Handling</i>	<i>Raw Material</i>	Diperbaiki
<i>Failure H</i>	<i>Housing Wrist Pin</i> (<i>defect</i> “kropos”, baru terlihat setelah proses <i>machining</i>)	4	<i>Verifikasi & Test Casting Material</i>	<i>Casting Material</i>	Tidak dapat diperbaiki
<i>Failure I</i>	<i>Riser Box</i> (pemasangan <i>base plate</i> tidak sesuai dengan gambar/tidak center)	1	<i>Welding</i>	<i>Raw Material</i>	Diperbaiki

(Sumber : Divisi *Oil and Gas Equipment*)

Data diatas menunjukkan jenis kegagalan yang terjadi pada setiap proses beserta jumlah atau kuantitas dari masing-masing kegagalan. Dari tabel diatas juga dapat diketahui informasi mengenai jenis material pada masing-masing komponen beserta status dari kegagalan yang terjadi. Jika status kegagalan diperbaiki berarti *part* tersebut masih bisa diperbaiki dengan dilakukan perbaikan atau pengerjaan ulang, sedangkan status kegagalan tidak dapat diperbaiki berarti *part* tersebut sudah tidak dapat diperbaiki dan harus dibuang sehingga menjadi waste. Jenis kegagalan yang terjadi pada *Failure A* dan *Failure C* merupakan jenis kegagalan yang terjadi pada komponen *casting material*. Berdasarkan peta aliran proses pada Unit Usaha *Oil and Gas Equipment*, proses yang dilakukan untuk komponen *casting material* setelah dilakukan proses verifikasi penerimaan material kemudian dilanjutkan ke proses *machining* sehingga pada pengolahan

data selanjutnya kedua jenis kegagalan ini dikategorikan ke dalam proses *machining*. Peta aliran proses produksi *Pumping Unit* terlampir.

Sementara itu didapatkan pula data rekapitulasi biaya yang harus ditanggung oleh pihak perusahaan akibat ketidaksesuaian pada proses produksi *Pumping Unit* yang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Biaya Akibat Ketidaksesuaian Produksi *Pumping Unit*

Jenis Kegagalan	Keterangan	Jumlah Kegagalan (unit)	Cost (Rp)
<i>Failure A</i>	<i>Crank (dimensi tinggi rahang tidak sesuai dengan dimensi pada gambar)</i>	2	28.000
<i>Failure B</i>	<i>Riser Box (dimensi pemasangan Rip tidak sesuai dengan gambar)</i>	2	140.325
<i>Failure C</i>	<i>Crank (lubang baut kepala crank tidak sesuai gambar/tidak center)</i>	1	148.000
<i>Failure D</i>	<i>Housing Tail (lubang baut untuk cover tail tidak sesuai spesifikasi, baut tidak masuk secara maksimal)</i>	2	56.000
<i>Failure E</i>	<i>Housing Wrist Pin (defect pada lubang bearing “tirus”)</i>	1	231.000
<i>Failure F</i>	<i>Walking Beam (dimensinya tidak sesuai dengan gambar)</i>	1	84.000
<i>Failure G</i>	<i>Ladder samson post (tidak sesuai dengan spesifikasi/bengkok)</i>	1	24.000
<i>Failure H</i>	<i>Housing Wrist Pin (defect "kropos", terlihat setelah proses machining)</i>	4	734.000
<i>Failure I</i>	<i>Riser Box (pemasangan base plate tidak sesuai dengan gambar/tidak center)</i>	1	342.000

(Sumber : Divisi *Oil and Gas Equipment*)

Data diatas menunjukkan data rekapitulasi biaya akibat ketidaksesuaian yang terjadi pada proses produksi *Pumping Unit*. Dari data tersebut dapat diketahui biaya-biaya yang harus ditanggung oleh pihak perusahaan akibat adanya ketidaksesuaian pada proses produksi.

4.2 Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan menggunakan metode MAFMA. Berikut tahapan pengolahan data yang akan dilakukan :

1. Menentukan prioritas penanganan masalah dengan menggunakan diagram *pareto*
2. Pembuatan Tabel penilaian parameter *severity*, *occurance*, dan *detection*
3. Penentuan aspek biaya
4. Penyusunan struktur hierarki
5. Penentuan bobot kriteria
6. Penentuan *local priority*
7. Penentuan *total priority*
8. Penentuan nilai akhir pada struktur hierarki MAFMA

4.2.1 Penentuan Prioritas Penanganan Masalah Menggunakan Diagram Pareto

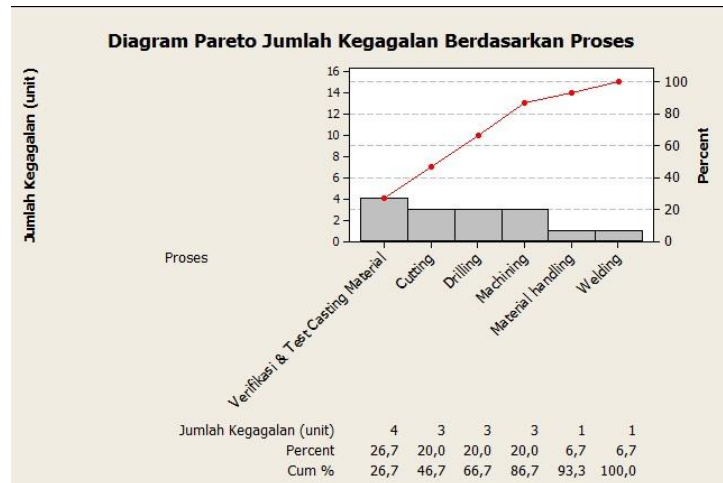
Langkah awal pada penelitian ini adalah memprioritaskan masalah dengan menggunakan diagram pareto untuk mengetahui proses-proses yang bermasalah pada kegiatan produksi *Pumping Unit*. Berikut ini adalah jumlah kegagalan yang terjadi berdasarkan proses yang bermasalah pada proses produksi *Pumping Unit*.

Tabel 4.3 Jumlah Kegagalan Berdasarkan Proses

Proses	Jumlah Kegagalan (unit)	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
<i>Verifikasi & Test Casting Material</i>	4	27	27
<i>Machining</i>	3	20	47
<i>Drilling</i>	3	20	67
<i>Cutting</i>	3	20	87
<i>Welding</i>	1	7	94
<i>Material handling</i>	1	7	100
Total	15	100	

(Sumber : Pengumpulan Data)

Selanjutnya dibuat diagram pareto berdasarkan jumlah kegagalan dalam proses produksi yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Diagram Pareto Jumlah Kegagalan Dalam Proses Produksi
(Sumber : Pengolahan Data)

Berdasarkan diagram pareto diatas dapat dilihat bahwa kegagalan yang terjadi pada proses produksi berasal dari proses *verifikasi & test casting material*, *machining*, *drilling*, dan *cutting*. Proses yang memiliki jumlah kegagalan paling dominan adalah *verifikasi & test casting material* sebesar 27%. Sementara proses lainnya secara berurutan yaitu proses *machining* 27%, *drilling* 20%, dan *cutting* 20%. Dengan demikian, jenis kegagalan yang akan dijadikan prioritas penanganan masalah adalah jenis kegagalan pada proses *verifikasi & test casting material*, *machining*, *drilling*, dan *cutting* yang menyumbang total 87% masalah pada proses produksi *Pumping Unit*.

Setelah menentukan prioritas penanganan kegagalan dengan menggunakan diagram pareto, maka ditetapkan 4 proses yang bermasalah pada kegiatan produksi *Pumping Unit* secara keseluruhan yaitu proses *verifikasi & test casting material*, *machining*, *drilling*, dan *cutting*. Jenis kegagalan yang terjadi pada ketiga proses tersebut diantaranya *Failure A* (*Crank* dimensi tinggi rahang tidak sesuai dengan dimensi pada *drawing*), *Failure B* (*Riser Box* dimensi pemasangan *Rip* tidak sesuai dengan *drawing*), *Failure C* (*Crank* lubang baut pada kepala *Crank* tidak sesuai gambar/tidak *center*), *Failure D* (*Housing Tail* lubang baut

untuk *Cover tail* tidak sesuai spesifikasi, baut tidak masuk secara maksimal), *Failure E (Housing Wrist Pin defect* pada lubang *bearing* “tirus”), *Failure F (Walking Beam* dimensinya tidak sesuai dengan *drawing*), dan *Failure H (Housing Wrist Pin defect* "kropos", terlihat setelah proses *machining*).

4.2.2 Pembuatan Tabel penilaian parameter *severity*, *occurance*, dan *detection*

Setelah melakukan penentuan prioritas penanganan masalah dengan menggunakan diagram pareto, langkah selanjutnya adalah membuat Tabel penilaian parameter *severity*, *occurance*, dan *detection* melalui teknik *brainstorming* dengan para ahli perusahaan. Skala penilaian dilakukan dengan menggunakan *ISO27k Toolkit* yang telah disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan. Skala penilaian dan parameter dari masing-masing kriteria dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Parameter Kriteria *Severity* Menggunakan *ISO27k Toolkit*

Efek	Penjelasan	Peringkat
Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan dapat mengganggu proses produksi secara total tanpa ada peringatan terlebih dahulu dan langsung menjadi waste.	10
Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan dapat mengganggu proses produksi secara total dengan perbaikan 10%-25% pada bagian produk. Sumber kegagalan diketahui tetapi tidak dapat dikendalikan.	9
Sangat tinggi	Kegagalan dapat mengganggu proses produksi secara total dengan perbaikan 25%-50% pada bagian produk. Sumber kegagalan diketahui dan dapat dikendalikan.	8
Tinggi	Kegagalan dapat mengganggu proses produksi secara total dengan perbaikan 50%-80% pada bagian produk.	7
Sedang	Kegagalan memberi efek mengganggu 50%-80% dari kegiatan proses produksi.	6
Rendah	Kegagalan memberi efek mengganggu 25%-50% dari kegiatan proses produksi.	5
Sangat rendah	Kegagalan memberi efek mengganggu 10%-25% dari kegiatan proses produksi.	4
Kecil	Kegagalan memberi efek besar pada prosedur atau tata cara kerja.	3
Sangat Kecil	Kegagalan memberi efek kecil pada prosedur atau tata cara kerja.	2
Tidak ada	Tidak ada dampak.	1

(Sumber : *ISO27k Toolkit*)

Tabel 4.5 Parameter Kriteria *Occurance* Menggunakan *ISO27k Toolkit*

Probabilitas Kegagalan	Rata-Rata Kemungkinan Kegagalan	Peringkat
Sangat Tinggi : Kegagalan tidak dapat dihindari	> 1 dalam 2	10
	1 dalam 2	9
Tinggi : Kegagalan yang berulang	1 dalam 3	8
	1 dalam 4	7
Sedang : Kegagalan musiman	1 dalam 6	6
	1 dalam 8	5
	1 dalam 10	4
Rendah : Kegagalan yang relatif rendah	1 dalam 14	3
	1 dalam 18	2
Sedikit kemungkinan : Jarang terjadi	< 1 dalam 18	1

(Sumber : *ISO27k Toolkit*)

Tabel 4.6 Parameter Kriteria *Detection* Menggunakan *ISO27k Toolkit*

Deteksi	Kemungkinan Deteksi	Peringkat
Hampir tidak mungkin	Kontrol tidak dapat mencegah/mendeteksi penyebab potensial dan modus kegagalan berikutnya	10
Sangat sedikit kemungkinan	Kontrol sangat sulit mencegah/mendeteksi penyebab potensial dan modus kegagalan berikutnya	9
Sedikit kemungkinan	Kontrol saat ini sulit mencegah/mendeteksi penyebab potensial dan modus kegagalan berikutnya	8
Sangat rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah	7
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang	5
Cukup tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	4
Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan tinggi	3
Sangat tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti	1

(Sumber : *ISO27k Toolkit*)

Langkah selanjutnya adalah membuat Tabel penilaian parameter *severity*, *ocurance*, dan *detection* untuk setiap jenis kegagalan beserta penyebab terjadinya masing-masing jenis kegagalan yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

4.2.3 Penentuan Aspek Biaya

Penentuan aspek biaya dihitung dengan teknik perbandingan berpasangan atau *pairwise comparison* yang dilakukan dengan penyebaran kuesioner kepada para ahli. Perkiraan biaya yang timbul merupakan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan sebagai dampak ketidaksesuaian pada proses produksi sehingga *part* tersebut harus diperbaiki maupun dibuang sehingga menjadi waste.

Responden yang melakukan penilaian bobot aspek biaya untuk setiap penyebab kegagalan dilakukan oleh Kepala Divisi *Oil and Gas Equipment* dan Kepala *PPIC* karena mereka yang berkepentingan dalam menangani manajemen di unit usaha *Oil and Gas Equipment* khususnya pada proses produksi. Kuesioner Penentuan Aspek Biaya (*Expected Cost*) dapat dilihat pada lampiran B. Teknik perbandingan berpasangan dilakukan dengan penyebaran kuesioner kepada multi responden, maka perlu dilakukan pengolahan data pendahuluan yang hasilnya akan dimasukkan ke dalam sebuah matriks. Dalam hal ini, Saaty memberikan metode perataan dengan rata-rata geometrik (*geometric mean*) karena bilangan yang dirata-ratakan adalah deret bilangan yang sifatnya rasio. Selain itu, rata-rata geometrik (*geometric mean*) menunjukkan preferensi penilaian dari sekelompok orang. Hasil perhitungan rata-rata geometrik untuk aspek biaya (*Expected Cost*) dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Rata-Rata Geometrik *Expected Cost*

Kriteria : <i>Expected Cost</i>		Responden		Alternatif	Rata-Rata Geometrik	
		1	2			
Alternatif	Penyebab A	1	1	Penyebab B	1,0000	1,0000
		2	3	Penyebab C	2,4495	0,4082
		1/3	1	Penyebab D	0,5774	1,7321
		1/7	1/7	Penyebab E	0,1429	7,0000
		1	2	Penyebab F	1,4142	0,7071
	Penyebab B	1	2	Penyebab G	1,4142	0,7071
		3	3	Penyebab C	3,0000	0,3333
		1	1	Penyebab D	1,0000	1,0000
		1/7	1/7	Penyebab E	0,1429	7,0000
		1	2	Penyebab F	1,4142	0,7071
		1	2	Penyebab G	1,4142	0,7071

(Sumber : Pengumpulan Data)

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Rata-Rata Geometrik *Expected Cost* (lanjutan)

Kriteria : <i>Expected Cost</i>		Responden		Alternatif	Rata-Rata Geometrik	
		1	2			
	Penyebab C	1/3	1/3	Penyebab D	0,3333	3,0000
		1/7	1/7	Penyebab E	0,1429	7,0000
		1/3	1/3	Penyebab F	0,3333	3,0000
		1/3	1/3	Penyebab G	0,3333	3,0000
	Penyebab D	1/7	1/7	Penyebab E	0,1429	7,0000
		1	½	Penyebab F	0,7071	1,4142
		1	½	Penyebab G	0,7071	1,4142
	Penyebab E	7	8	Penyebab F	7,4833	0,1336
		7	8	Penyebab G	7,4833	0,1336
	Penyebab F	1	2	Penyebab G	1,4142	0,7071

(Sumber : Pengumpulan Data)

Perbandingan antar masing-masing alternatif seperti yang dapat dilihat pada tabel di atas dilakukan dengan membandingkan setiap alternatif yang terletak paling kiri dengan alternatif lainnya di sebelah kanan untuk masing-masing responden 1 dan 2. Misalnya perbandingan antara Penyebab A dengan Penyebab B untuk kedua responden bernilai 1 yang berarti kedua Penyebab tersebut memiliki pengaruh yang sama pentingnya. Hasil perhitungan rata-rata geometrik di sebelah kiri menunjukkan hasil perhitungan rata-rata geometrik yang dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel*. Dalam metode AHP dikenal istilah matriks resiprokal (berkebalikan) dimana $a_{ij}=1/a_{ji}$. Dalam hal ini Perbandingan antara Penyebab A dengan Penyebab B berkebalikan dengan perbandingan antara Penyebab B dengan Penyebab A. Untuk itu hasil perhitungan rata-rata geometrik di sebelah kanan merupakan hasil perhitungan berkebalikan yaitu antara Penyebab B dengan Penyebab A, dan seterusnya.

4.2.3.1 Uji Konsistensi Matriks Perbandingan Aspek Biaya

Langkah selanjutnya adalah membuat matriks perbandingan berpasangan aspek biaya dari hasil perhitungan rata-rata geometrik dan melakukan penjumlahan pada setiap kolom matriks perbandingan berpasangan yang dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Matriks Perbandingan Berpasangan Aspek Biaya

Alternatif	Penyebab A	Penyebab B	Penyebab C	Penyebab D	Penyebab E	Penyebab F	Penyebab G
Penyebab A	1,0000	1,0000	2,4495	0,5774	0,1429	1,4142	1,4142
Penyebab B	1,0000	1,0000	3,0000	1,0000	0,1429	1,4142	1,4142
Penyebab C	0,4082	0,3333	1,0000	0,3333	0,1429	0,3333	0,3333
Penyebab D	1,7321	1,0000	3,0000	1,0000	0,1429	0,7071	0,7071
Penyebab E	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	1,0000	7,4833	7,4833
Penyebab F	0,7071	0,7071	3,0000	1,4142	0,1336	1,0000	1,4142
Penyebab G	0,7071	0,7071	3,0000	1,4142	0,1336	0,7071	1,0000
Total	12,5545	11,7475	22,4495	12,7391	1,8388	13,0592	13,7663

(Sumber : Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel di atas, perbandingan dilakukan dengan membandingkan alternatif yang terletak pada kolom sebelah kiri dengan setiap kolom lainnya yang terletak di sebelah kanan. Perbandingan terhadap alternatif yang sama, misal Penyebab A dengan Penyebab A akan menghasilkan nilai 1 sehingga nilai 1 akan tampil secara diagonal. Sedangkan perbandingan antara Penyebab A dengan Penyebab B bersifat resiprokal dengan perbandingan antara Penyebab B dengan Penyebab A.

Setelah membuat matriks perbandingan berpasangan untuk aspek biaya, selanjutnya dilakukan uji konsistensi untuk mengetahui konsistensi dari hasil pengolahan kuesioner. Uji konsistensi dilakukan dengan menyusun tingkat kepentingan relatif pada masing-masing alternatif yang dinyatakan sebagai bobot relatif ternormalisasi (*normalized relative weight*). Bobot relatif yang dinormalkan ini merupakan suatu bobot nilai relatif untuk masing-masing alternatif pada setiap kolom yang dibandingkan dengan jumlah masing-masing alternatif, kemudian dilakukan perhitungan *Eigen Faktor* hasil normalisasi dengan merata-ratakan penjumlahan tiap baris. Hasil perhitungan bobot relatif ternormalisasi dan *Eigen Faktor* untuk matriks perbandingan aspek biaya dapat dilihat pada Lampiran B.

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Consistency Index* (CI) dengan rumus sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1}$$

Keterangan :

- CI = Indeks konsistensi
- Lambda maksimum = Nilai eigen terbesar dari matriks ber-ordo n. Nilai eigen terbesar didapat dari jumlah perkalian antara jumlah kolom dengan eigen faktor.
- Lambda maksimum = (12,5545x0,0868) + (11,7475x0,0951) + (22,4495x0,0370) + (12,7391x0,0883) + (1,8388x0,5250) + (13,0592x0,0876) + (13,7663x0,0801)
- = 7,3744

Setelah mengetahui nilai lambda maksimum, maka dapat diketahui nilai *Consistency Index* yang dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$CI = \frac{7,3744 - 7}{6}$$

$$= 0,0624$$

Jika Indeks Konsistensi bernilai nol (0), matriks dapat dikatakan konsisten. Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai *Consistency Index* yaitu 0,0624 atau lebih besar dari nol (0), maka selanjutnya dilakukan uji batas ketidak konsistenan seperti yang diterapkan oleh Saaty. Pengujian diukur dengan menggunakan perhitungan *Consistency Ratio (CR)* yaitu perbandingan antara nilai *Consistency Index (CI)* dan *Ratio Index (RI)*. Nilai RI yang digunakan sesuai dengan tabel ordo matriks. Dalam perhitungan ini digunakan matriks ber-ordo 7, maka nilai Ratio Index yang digunakan adalah 1,32.

$$CR = CI / RI$$

$$= 0,0624 / 1,32$$

$$= 0,0473$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa nilai $CR \leq 0,1$ berarti dapat dikatakan ketidakkonsistenan pendapat masih dapat diterima.

4.2.3.2 Perhitungan Bobot Prioritas Aspek Biaya

Setelah melakukan uji konsistensi pada matriks perbandingan aspek biaya, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan bobot prioritas aspek biaya yang dilakukan melalui proses iterasi (perkalian matriks). Proses iterasi untuk mengetahui nilai bobot prioritas aspek biaya dapat dilihat pada Lampiran B. Sedangkan hasil dari perhitungan bobot prioritas aspek biaya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Bobot Prioritas Aspek Biaya

Alternatif	Penyebab A	Penyebab B	Penyebab C	Penyebab D	Penyebab E	Penyebab F	Penyebab G	Prioritas
Penyebab A	1,0000	1,0000	2,4495	0,5774	0,1429	1,4142	1,4142	0,0859
Penyebab B	1,0000	1,0000	3,0000	1,0000	0,1429	1,4142	1,4142	0,0939
Penyebab C	0,4082	0,3333	1,0000	0,3333	0,1429	0,3333	0,3333	0,0361
Penyebab D	1,7321	1,0000	3,0000	1,0000	0,1429	0,7071	0,7071	0,0866
Penyebab E	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	1,0000	7,4833	7,4833	0,5334
Penyebab F	0,7071	0,7071	3,0000	1,4142	0,1336	1,0000	1,4142	0,0860
Penyebab G	0,7071	0,7071	3,0000	1,4142	0,1336	0,7071	1,0000	0,0781

(Sumber : Pengolahan Data)

Proses iterasi dilakukan dengan mengalikan baris dan kolom yang sama untuk matriks perbandingan berpasangan pada aspek biaya. Angka yang diletakkan pada baris 1 kolom 1 merupakan penjumlahan dari hasil perkalian yang didapat dari perkalian baris 1 dan kolom 1, dan seterusnya. Hasil angka dalam matriks tersebut kemudian dijumlahkan berdasarkan baris dan dilakukan normalisasi. Kemudian langkah yang sama dilakukan untuk proses iterasi 2 hanya saja matriks yang akan dikalikan baris dan kolomnya adalah matriks yang dihasilkan pada proses iterasi 1, begitupun pada proses iterasi 3 dilakukan dengan mengalikan baris dan kolom dari matriks yang dihasilkan pada proses iterasi 2. Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan selisih hasil normalisasi dari masing-masing proses iterasi. Proses iterasi dilakukan sebanyak 3 kali hingga selisih hasil

normalisasi bernilai 0 (nol). Hasil dari proses iterasi 3 menunjukkan nilai bobot prioritas dari tiap-tiap elemen penyebab kegagalan. Contoh perhitungan pada proses iterasi, misalnya untuk proses iterasi 1 pada baris 1 kolom 1 didapatkan hasil 7,0003 dimana angka tersebut merupakan hasil penjumlahan dari perkalian baris 1 dan kolom 1 pada matriks perbandingan untuk aspek biaya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Baris 1 kolom 1} &= ((1,0000 \times 1,0000) + (1,0000 \times 1,0000) + (2,4495 \times 0,4082) + \\ &\quad (0,5774 \times 1,7321) + (0,1429 \times 7,0000) + (1,4142 \times 0,7071) + \\ &\quad (1,4142 \times 0,7071)) \\ &= 7,0003 \end{aligned}$$

Langkah yang sama dilakukan untuk baris 1 kolom 2 dimana angka 6,3941 merupakan hasil penjumlahan dari perkalian baris 1 dan kolom 2, dan seterusnya. Hasil angka dalam matriks tersebut kemudian dijumlahkan berdasarkan baris dan dilakukan normalisasi dengan melakukan pembagian dari hasil penjumlahan pada setiap baris dibagi dengan total nilai pada seluruh baris sehingga didapat bobot prioritas untuk proses iterasi 1 sebagai berikut :

$$\text{Nilai prioritas Penyebab A} = 57,7949 : 671,9592 = 0,0860$$

Langkah yang sama dilakukan untuk proses iterasi 2 dan iterasi 3.

4.2.4 Penyusunan Struktur Hierarki

Sebelum dilakukan perhitungan lebih lanjut dengan menggunakan pendekatan *Analytical Hierachy Process* (AHP), terlebih dahulu dibuat struktur hierarki yang terdiri 3 level yaitu *goal* atau tujuan utama, kriteria, dan alternatif. *Goal* atau tujuan utama dari hierarki ini adalah menentukan penyebab kegagalan potensial. Kriteria-kriteria yang dikembangkan dalam menentukan penyebab kegagalan potensial diantaranya *severity*, *occurance*, *detection*, dan *expected cost*. Selanjutnya level alternatif diisi dengan 7 penyebab kegagalan yang terjadi pada proses produksi *Pumping Unit* yaitu Penyebab A (Operator mendapat informasi pengerjaan tinggi rahang *Crank* di *passing* asal rata saja), Penyebab B (Terjadi pergeseran pada inti cor), Penyebab C (Mata Tap yang digunakan saat pengetapan sudah tumpul sehingga hasil kurang maksimal), Penyebab D (Proses pengerjaan

dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah/tidak sesuai gambar), Penyebab E (Metode inspeksi penerimaan material masih secara visual), Penyebab F (Kesalahan operator dalam mengambil *basic* pengukuran), dan Penyebab G (Salah *marking* ketika melakukan *setting*). Struktur hierarki dapat dilihat pada Gambar 4.4.

4.2.5 Penentuan Bobot Kriteria

Setelah menentukan bobot prioritas untuk aspek biaya, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan bobot prioritas pada setiap kriteria. Penentuan bobot kriteria dihitung dengan teknik perbandingan berpasangan atau *pairwise comparison* yang dilakukan dengan penyebaran kuesioner kepada 2 responden yaitu Kepala Departemen *Oil and Gas Equipment (OGE)* dan Kepala Departemen *PPIC* selaku pihak yang menangani manajemen di dalam suatu perusahaan dan berkepentingan di dalam proses manajemen khususnya pada proses produksi. Perhitungan kuesioner kedua responden tersebut juga dilakukan dengan perhitungan rata-rata geometrik (*geometric mean*) seperti pada tahap penentuan aspek biaya. Hasil perhitungan rata-rata geometrik untuk setiap kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Rata-Rata Geometrik Untuk Setiap Kriteria

Kriteria	Responden		Kriteria	Rata Rata Geometrik	
	1	2			
<i>Occurance</i>	3	3	<i>Detection</i>	3,0000	0,3333
	2	1/2	<i>Severity</i>	1,0000	1,0000
	1	1	<i>Expected Cost</i>	1,0000	1,0000
<i>Detection</i>	1/4	1	<i>Severity</i>	0,5000	2,0000
	1/3	1/3	<i>Expected Cost</i>	0,3333	3,0000
<i>Severity</i>	1	1/4	<i>Expected Cost</i>	0,5000	2,0000

(Sumber : Pengumpulan Data)

Perbandingan antar masing-masing kriteria dilakukan dengan cara yang sama seperti perbandingan yang dilakukan untuk kriteria *Expected Cost* yaitu dengan membandingkan setiap kriteria yang terletak paling kiri dengan kriteria lainnya di sebelah kanan untuk masing-masing responden 1 dan 2. Misalnya perbandingan antara kriteria *Occurance* dengan *Detection* untuk kedua responden bernilai 3 yang berarti kriteria *Occurance* memiliki pengaruh sedikit lebih penting dibandingkan dengan kriteria *Detection*. Hasil perhitungan rata-rata geometrik di sebelah kiri menunjukkan hasil perhitungan rata-rata geometrik yang dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel*. Sedangkan hasil perhitungan rata-rata geometrik yang terletak di sebelah kanan merupakan hasil perbandingan

matriks respirokal (berkebalikan) misalnya hasil perbandingan antara kriteria *Occurance* dengan *Detection* berkebalikan dengan perbandingan antara kriteria *Detection* dengan *Occurance*.

4.2.5.1 Uji Konsistensi Matriks Perbandingan Kriteria

Langkah selanjutnya adalah membuat matriks perbandingan berpasangan kriteria dari hasil perhitungan *geometric mean* dan melakukan penjumlahan pada setiap kolom matriks yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria

Kriteria	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>	<i>Severity</i>	<i>Expected Cost</i>
<i>Occurance</i>	1,0000	3,0000	1,0000	1,0000
<i>Detection</i>	0,3333	1,0000	0,5000	0,3333
<i>Severity</i>	1,0000	2,0000	1,0000	0,5000
<i>Expected Cost</i>	1,0000	3,0000	2,0000	1,0000
Total	3,3333	9,0000	4,5000	2,8333

(Sumber : Pengolahan Data)

Setelah membuat matriks perbandingan berpasangan untuk seluruh kriteria, selanjutnya dilakukan uji konsistensi seperti pada tahap pengolahan kuesioner untuk aspek biaya. Uji konsistensi dilakukan dengan menyusun tingkat kepentingan relatif pada masing-masing kriteria yang dinyatakan sebagai bobot relatif ternormalisasi (*normalized relative weight*). Bobot relatif yang dinormalkan ini merupakan suatu bobot nilai relatif untuk masing-masing kriteria pada setiap kolom yang dibandingkan dengan jumlah masing-masing kriteria, kemudian dilakukan perhitungan *Eigen Faktor* hasil normalisasi dengan merata-ratakan penjumlahan tiap baris. Hasil perhitungan bobot relatif ternormalisasi dan *Eigen Faktor* untuk matriks perbandingan berpasangan setiap kriteria dapat dilihat pada Lampiran B.

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Consistency Index* (CI) dengan rumus sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1}$$

Keterangan :

CI = Indeks konsistensi

Lambda maksimum = Nilai eigen terbesar dari matriks ber-ordo n. Nilai eigen terbesar didapat dari jumlah perkalian antara jumlah kolom dengan eigen faktor.

Lambda maksimum = $(3,333 \times 0,3021) + (9,0000 \times 0,1100) + (4,5000 \times 0,2302) + (2,8333 \times 0,3577)$
= 4,0462

Setelah mengetahui nilai lambda maksimum, maka dapat diketahui nilai *Consistency Index* yang dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$CI = \frac{4,0462 - 4}{3}$$
$$= 0,0154$$

Jika Indeks Konsistensi bernilai nol (0), matriks dapat dikatakan konsisten. Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai *Consistency Index* yaitu 0,0154 atau lebih besar dari nol (0), maka selanjutnya dilakukan uji batas ketidakkonsistenan seperti yang diterapkan oleh Saaty. Pengujian diukur dengan menggunakan perhitungan *Consistency Ratio (CR)* yaitu perbandingan antara nilai *Consistency Index (CI)* dan *Ratio Index (RI)*. Nilai RI yang digunakan sesuai dengan ordo n matriks. Dalam perhitungan ini digunakan matriks ber-ordo 4, maka nilai Ratio Index yang digunakan adalah 0,9.

$$CR = CI / RI$$
$$= 0,0154 / 0,9$$
$$= 0,0171$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa nilai $CR \leq 0,1$ berarti dapat dikatakan ketidakkonsistenan pendapat masih dapat diterima.

4.2.5.2 Perhitungan Bobot Prioritas Kriteria

Setelah melakukan uji konsistensi pada matriks perbandingan kriteria, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan bobot prioritas untuk setiap kriteria yang dilakukan melalui proses iterasi (perkalian matriks). Proses iterasi untuk mengetahui nilai bobot prioritas kriteria dapat dilihat pada Lampiran B. Pada perhitungan ini, proses iterasi dilakukan sebanyak tiga kali hingga nilai selisih antar iterasi tidak mengalami perubahan atau sama dengan nol (0). Hasil perhitungan bobot prioritas kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Bobot Prioritas Kriteria

Kriteria	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>	<i>Severity</i>	<i>Expected Cost</i>	Prioritas
<i>Occurance</i>	1,0000	3,0000	1,0000	1,0000	0,3015
<i>Detection</i>	0,3333	1,0000	0,5000	0,3333	0,1100
<i>Severity</i>	1,0000	2,0000	1,0000	0,5000	0,2301
<i>Expected Cost</i>	1,0000	3,0000	2,0000	1,0000	0,3584

(Sumber : Pengolahan Data)

Proses iterasi dilakukan dengan langkah yang sama seperti proses iterasi untuk matriks perbandingan pada aspek biaya yaitu dengan mengalikan baris dan kolom yang sama. Angka yang diletakkan pada baris 1 kolom 1 merupakan penjumlahan dari hasil perkalian yang didapat dari perkalian baris 1 dan kolom 1, dan seterusnya. Hasil angka dalam matriks tersebut kemudian dijumlahkan berdasarkan baris dan dilakukan normalisasi. Kemudian langkah yang sama dilakukan untuk proses iterasi 2 hanya saja matriks yang akan dikalikan baris dan kolomnya adalah matriks yang dihasilkan pada proses iterasi 1, begitupun pada proses iterasi 3 dilakukan dengan mengalikan baris dan kolom dari matriks yang dihasilkan pada proses iterasi 2. Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan selisih hasil normalisasi dari masing-masing proses iterasi. Proses iterasi dilakukan sebanyak 3 kali hingga selisih hasil normalisasi bernilai 0 (nol). Hasil dari proses iterasi 3 menunjukkan nilai bobot prioritas dari masing-masing kriteria. Contoh perhitungan pada proses iterasi, misalnya untuk proses iterasi 1 pada baris 1 kolom 1 didapatkan hasil 3,9999 dimana angka tersebut merupakan

hasil penjumlahan dari perkalian baris 1 dan kolom 1 pada matriks perbandingan untuk kriteria sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Baris 1 kolom 1} &= ((1,0000 \times 1,0000) + (3,0000 \times 0,3333) + (1,0000 \times 1,0000) + \\ &\quad (1,0000 \times 1,0000)) \\ &= 3,9999 \end{aligned}$$

Langkah yang sama dilakukan untuk baris 1 kolom 2 dimana angka 11,0000 merupakan hasil penjumlahan dari perkalian baris 1 dan kolom 2, dan seterusnya. Hasil angka dalam matriks tersebut kemudian dijumlahkan berdasarkan baris dan dilakukan normalisasi dengan melakukan pembagian dari hasil penjumlahan pada setiap baris dibagi dengan total nilai pada seluruh baris sehingga didapat bobot prioritas untuk proses iterasi 1 sebagai berikut :

$$\text{Nilai prioritas Kriteria } Occurance = 23,9998 : 79,5823 = 0,3016$$

Langkah yang sama dilakukan untuk proses iterasi 2 dan iterasi 3.

4.2.6 Penentuan *Local Priority*

Setelah melakukan perhitungan bobot prioritas untuk aspek biaya dan masing-masing kriteria, selanjutnya dilakukan perhitungan *local priority* untuk setiap kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perhitungan *Local Priority* Kriteria *Occurance*

Penyebab Kegagalan	Nilai	<i>Local Priority</i>
Penyebab A	6	0,1714
Penyebab B	5	0,1429
Penyebab C	7	0,2000
Penyebab D	5	0,1429
Penyebab E	4	0,1143
Penyebab F	4	0,1143
Penyebab G	4	0,1143
Total	35	1,0000

(Sumber : Pengolahan Data)

Hasil perhitungan *local priority* pada masing-masing penyebab kegagalan untuk kriteria *Occurance* dilakukan dengan memasukkan nilai yang didapat dari penilaian parameter yang telah dilakukan sebelumnya dibagi dengan total dari nilai tersebut. Misalnya untuk Penyebab A, nilai *local priority* didapat dari hasil

perbandingan antara nilai *Occurance* Penyebab A dibandingkan dengan total dari nilai tersebut, dimana 6/35 menghasilkan nilai 0,1714. Langkah yang sama dilakukan untuk perhitungan *local priority* kriteria lainnya yaitu *Detection*, *Severity*, dan *Expected Cost* yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4.15 Perhitungan *Local Priority* Kriteria *Detection*

Penyebab Kegagalan	Nilai	<i>Local Priority</i>
Penyebab A	7	0,1489
Penyebab B	7	0,1489
Penyebab C	7	0,1489
Penyebab D	6	0,1277
Penyebab E	8	0,1702
Penyebab F	6	0,1277
Penyebab G	6	0,1277
Total	47	1,0000

(Sumber : Pengolahan Data)

Tabel 4.16 Perhitungan *Local Priority* Kriteria *Severity*

Penyebab Kegagalan	Nilai	<i>Local Priority</i>
Penyebab A	5	0,1282
Penyebab B	5	0,1282
Penyebab C	4	0,1026
Penyebab D	5	0,1282
Penyebab E	10	0,2564
Penyebab F	5	0,1282
Penyebab G	5	0,1282
Total	39	1,0000

(Sumber : Pengolahan Data)

Tabel 4.17 Perhitungan *Local Priority* Kriteria *Expected Cost*

Penyebab Kegagalan	<i>Local Priority</i>
Penyebab A	0,0859
Penyebab B	0,0939
Penyebab C	0,0361
Penyebab D	0,0866
Penyebab E	0,5334
Penyebab F	0,0860
Penyebab G	0,0781
Total	1,0000

(Sumber : Pengolahan Data)

Setelah melakukan perhitungan *local priority* untuk masing-masing kriteria, selanjutnya dilakukan perhitungan *total priority* pada setiap kriteria.

4.2.7 Penentuan *Total Priority* Pada Setiap Kriteria

Hasil perhitungan pada setiap penyebab kegagalan di atas merupakan bobot prioritas yang disebut *local priority*. Selanjutnya dilakukan perhitungan *total priority* untuk setiap kriteria yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4.18 Perhitungan *Total Priority* Untuk Kriteria *Occurance*

Kriteria	Alternatif	<i>Local Priority</i>	<i>Total Priority</i>
<i>Occurance</i>			0,3015
	Penyebab A	0,1714	0,0517
	Penyebab B	0,1429	0,0431
	Penyebab C	0,2000	0,0603
	Penyebab D	0,1429	0,0431
	Penyebab E	0,1143	0,0345
	Penyebab F	0,1143	0,0345
	Penyebab G	0,1143	0,0345

(Sumber : Pengolahan Data)

Hasil perhitungan *total priority* untuk kriteria *Occurance* didapat dari hasil kali antara bobot prioritas kriteria *Occurance* dengan *local priority* dari masing-masing penyebab kegagalan pada setiap kriteria. Misalnya nilai *total priority* untuk Penyebab A didapat dari hasil kali antara bobot prioritas kriteria *Occurance* sebesar 0,3015 dengan nilai *local priority* Penyebab A sebesar 0,1714 sehingga didapatkan nilai *total priority* untuk Penyebab A sebesar 0,0517. Langkah yang

sama dilakukan untuk perhitungan *total priority* kriteria lainnya yaitu *Detection*, *Severity*, dan *Expected Cost* yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4.19 Perhitungan *Total Priority* Untuk Kriteria *Detection*

Kriteria	Alternatif	<i>Local Priority</i>	<i>Total Priority</i>
<i>Detection</i>			0,1100
	Penyebab A	0,1489	0,0164
	Penyebab B	0,1489	0,0164
	Penyebab C	0,1489	0,0164
	Penyebab D	0,1277	0,0140
	Penyebab E	0,1702	0,0187
	Penyebab F	0,1277	0,0140
	Penyebab G	0,1277	0,0140

(Sumber : Pengolahan Data)

Tabel 4.20 Perhitungan *Total Priority* Untuk Kriteria *Severity*

Kriteria	Alternatif	<i>Local Priority</i>	<i>Total Priority</i>
<i>Severity</i>			0,2301
	Penyebab A	0,1282	0,0295
	Penyebab B	0,1282	0,0295
	Penyebab C	0,1026	0,0236
	Penyebab D	0,1282	0,0295
	Penyebab E	0,2564	0,0590
	Penyebab F	0,1282	0,0295
	Penyebab G	0,1282	0,0295

(Sumber : Pengolahan Data)

Tabel 4.21 Perhitungan *Total Priority* Untuk Kriteria *Expected Cost*

Kriteria	Alternatif	<i>Local Priority</i>	<i>Total Priority</i>
<i>Expected Cost</i>			0,3584
	Penyebab A	0,0859	0,0308
	Penyebab B	0,0939	0,0337
	Penyebab C	0,0361	0,0129
	Penyebab D	0,0866	0,0310
	Penyebab E	0,5334	0,1912
	Penyebab F	0,0860	0,0308
	Penyebab G	0,0781	0,0280

(Sumber : Pengolahan Data)

Dari tabel diatas dapat diketahui *total priority* dari masing-masing penyebab kegagalan pada setiap kriteria yang terdapat pada struktur hierarki MAFMA.

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai akhir pada struktur hierarki MAFMA.

4.2.8 Penentuan Nilai Akhir Pada Struktur Hierarki MAFMA

Pada tahap akhir perhitungan metode MAFMA dilakukan perhitungan nilai akhir pada struktur hierarki MAFMA yang dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.22 Perhitungan Nilai Akhir Metode MAFMA

Penyebab Kegagalan	Total
Penyebab A	0,1284
Penyebab B	0,1226
Penyebab C	0,1132
Penyebab D	0,1177
Penyebab E	0,3034
Penyebab F	0,1088
Penyebab G	0,1060

(Sumber : Pengolahan Data)

Hasil nilai akhir pada struktur hierarki MAFMA didapat dari hasil penjumlahan *total priority* untuk masing-masing penyebab pada seluruh kriteria. Misalnya nilai akhir Penyebab A didapat dari hasil penjumlahan total priority pada seluruh kriteria dimana $0,0517 + 0,0164 + 0,0295 + 0,0308 = 0,1284$.

Berdasarkan hasil akhir perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode MAFMA dapat diketahui bahwa penyebab kegagalan yang paling mengganggu proses produksi adalah Penyebab E yaitu metode inspeksi penerimaan material yang masih dilakukan secara visual.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengumpulan dan pengolahan data, kemudian dilakukan analisis masalah diantaranya mengenai analisis prioritas penanganan masalah, analisis penyebab kegagalan potensial dengan menggunakan metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA), serta membuat usulan perbaikan.

5.1 Analisis Prioritas Penanganan Masalah

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diketahui bahwa pada proses produksi *Pumping Unit* terdapat 15 jenis kegagalan pada berbagai proses. Untuk jenis kegagalan yang terjadi pada *Failure A* dan *Failure C* merupakan jenis kegagalan yang terjadi pada komponen *casting material*. Berdasarkan peta aliran proses pada Unit Usaha *Oil and Gas Equipment*, proses yang dilakukan untuk komponen *casting material* setelah dilakukan proses verifikasi penerimaan material kemudian dilanjutkan ke proses *machining* sehingga pada pengolahan data yang dilakukan kedua jenis kegagalan ini dikategorikan ke dalam proses *machining*. Selanjutnya, seluruh jenis kegagalan tersebut diurutkan dengan menggunakan diagram pareto untuk mengetahui jenis kegagalan yang memerlukan tindakan lebih lanjut. Proses yang memiliki jumlah kegagalan paling dominan adalah *verifikasi & test casting material* sebesar 27%. Sementara proses lainnya secara berurutan yaitu proses *machining* 27%, *drilling* 20%, dan *cutting* 20%. Dengan demikian, jenis kegagalan yang akan dijadikan prioritas penanganan masalah adalah jenis kegagalan pada proses *verifikasi & test casting material*, *machining*, *drilling*, dan *cutting* yang menyumbang total 87% masalah pada proses produksi *Pumping Unit*. Selanjutnya keempat proses ini dijadikan prioritas penanganan masalah untuk ditangani lebih lanjut. Jenis kegagalan yang terjadi pada ketiga proses tersebut diantaranya *Failure A* (*Crank* dimensi tinggi rahang tidak sesuai dengan dimensi pada *drawing*), *Failure B* (*Riser Box* dimensi pemasangan *Rip* tidak sesuai dengan *drawing*), *Failure C*

(*Crank* lubang baut pada kepala *Crank* tidak sesuai gambar/tidak *center*), *Failure D* (*Housing Tail* lubang baut untuk *Cover tail* tidak sesuai spesifikasi, baut tidak masuk secara maksimal), *Failure E* (*Housing Wrist Pin defect* pada lubang *bearing* “tirus”), *Failure F* (*Walking Beam* dimensinya tidak sesuai dengan *drawing*), dan *Failure H* (*Housing Wrist Pin defect* "kropos", baru terlihat setelah proses *machining*).

5.2 Analisis Penyebab Kegagalan Potensial Dengan Menggunakan Metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA)

Struktur hierarki MAFMA terdiri dari 4 kriteria yaitu *severity*, *occurrence*, *detection*, dan *expected cost*. Perhitungan metode MAFMA didasarkan pada hasil perhitungan bobot kriteria dan bobot alternatif untuk semua kriteria dengan pendekatan AHP. Peringkat penyebab kegagalan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode MAFMA dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Peringkat Penyebab Kegagalan Berdasarkan Metode MAFMA

Peringkat	Penyebab Kegagalan	Jenis Material	Keterangan	Prioritas
1	Penyebab E	<i>Casting Material</i>	Metode inspeksi penerimaan material masih secara visual.	0,3034
2	Penyebab A	<i>Casting Material</i>	Operator mendapat informasi pengerjaan tinggi rahang crank di passing asal rata saja.	0,1283
3	Penyebab B	<i>Casting Material</i>	Terjadi pergeseran pada inti cor.	0,1226
4	Penyebab D	<i>Raw Material</i>	Proses pengerjaan dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin, terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah (tidak sesuai gambar).	0,1177
5	Penyebab C	<i>Raw Material</i>	Mata tap yang digunakan saat pengetapan sudah tumpul sehingga hasil kurang maksimal	0,1132
6	Penyebab F	<i>Raw Material</i>	Kesalahan operator dalam mengambil <i>basic</i> pengukuran.	0,1088
7	Penyebab G	<i>Raw Material</i>	Salah <i>marking</i> ketika melakukan <i>setting</i> .	0,1060

(Sumber : Pengolahan Data)

Dari tabel diatas dapat diketahui hasil perhitungan dengan menggunakan metode MAFMA menunjukkan penyebab kegagalan paling potensial berdasarkan bobot prioritas tertinggi adalah Penyebab E yaitu metode inspeksi penerimaan masih secara visual dengan nilai prioritas sebesar 0,3034 sehingga Penyebab E dinilai memiliki dampak yang besar pada kerusakan part dan memiliki potensi dalam menurunkan kualitas produk. Penyebab E disebabkan oleh komponen *casting material* yang berasal dari *supplier*, sedangkan komponen *raw material* yang memiliki nilai prioritas tertinggi adalah Penyebab D dengan nilai prioritas sebesar 0,1177. Penyebab kegagalan ini berasal dari proses *drilling* dimana proses pengerjaan dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin, terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah (tidak sesuai gambar).

5.3 Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis masalah dan pembahasan, maka dibuat usulan perbaikan untuk Penyebab E dan Penyebab D. Hal ini didasari karena kedua penyebab kegagalan tersebut memiliki nilai prioritas tertinggi untuk masing-masing komponen *casting material* dan *raw material*.

5.3.1 Usulan perbaikan untuk Penyebab E

Penyebab E memiliki bobot prioritas tertinggi pada komponen *casting material* yaitu sebesar 0,3034 berdasarkan hasil dari pengolahan data dengan menggunakan metode MAFMA. Penyebab kegagalan E disebabkan oleh metode inspeksi penerimaan material yang masih dilakukan secara visual pada komponen produk *Housing Wrist Pin*. Komponen tersebut mengalami cacat kropos pada bagian dalamnya yang baru diketahui setelah melewati proses *machining*. Hal tersebut terjadi karena kurangnya inspeksi secara detail dalam memeriksa komponen *Housing Wrist Pin* sehingga terdapat cacat kropos yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Cacat Kropos Pada Komponen *Housing Wrist Pin*
(Sumber : Divisi *Oil and Gas Equipment*)

Cacat kropos yang terjadi pada komponen *Housing Wrist Pin* mengakibatkan komponen tersebut tidak dapat digunakan untuk proses produksi selanjutnya (*reject*) sehingga perlu dilakukan penggantian material baru. Proses penggantian material yang baru membutuhkan waktu dan tidak lebih menguntungkan mengingat potensi keterlambatan pengiriman yang mungkin akan terjadi sehingga mengakibatkan penalti dari pihak pelanggan.

Hal tersebut disebabkan karena pihak perusahaan tidak memiliki *supplier* yang tetap dan proses yang dilakukan dalam memilih *supplier* saat ini dilakukan berdasarkan *supplier* yang mampu memenuhi permintaan yang dibutuhkan perusahaan sesuai waktu yang sudah ditentukan. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibuat usulan perbaikan untuk mengatasi penyebab kegagalan E yaitu dengan melakukan evaluasi kinerja dari *supplier* untuk komponen *Housing Wrist Pin* sehingga perusahaan bisa menentukan *supplier* mana yang akan menjadi prioritas utama saat melakukan pemesanan. Selain itu perlu dilakukan peningkatan dalam proses inspeksi penerimaan material sebelum masuk area produksi. Proses inspeksi material yang dilakukan di Unit Usaha *Oil and Gas Equipment* saat ini yaitu dengan pengujian *non-destructive* yang merupakan inspeksi terhadap material untuk mengetahui adanya cacat tanpa merusak material tersebut. Adapun metode yang digunakan adalah *visual inspection* dimana pemeriksaan dilakukan menggunakan mata dengan bantuan lensa pembesar yang bertujuan untuk menemukan cacat pada permukaan. Sedangkan cacat keropos

yang terjadi pada komponen *Housing Wrist Pin* baru diketahui setelah melewati proses *machining*. Hal ini disebabkan karena tidak dilakukannya inspeksi 100% pada komponen *Housing Wrist Pin* sebelum masuk area produksi termasuk uji komposisi dari material tersebut. Langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan melakukan inspeksi secara menyeluruh untuk memastikan bahwa material yang masuk ke area produksi dalam keadaan yang baik.

5.3.2 Usulan perbaikan untuk Penyebab D

Penyebab D memiliki bobot prioritas tertinggi pada komponen raw material yaitu sebesar 0,1177 berdasarkan hasil dari pengolahan data dengan menggunakan metode MAFMA. Penyebab kegagalan D berasal dari komponen *Housing Wrist Pin* yang proses pengerjaannya dilakukan langsung di unit usaha *Oil and Gas Equipment* dimana proses pengerjaan komponen tersebut dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin, terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah (tidak sesuai gambar). Komponen *Housing Wrist Pin* mengalami *defect* pada lubang *bearing* (tirus) sehingga harus diperbaiki menyesuaikan dengan gambar. Komponen *Housing Wrist Pin* yang mengalami *defect* pada lubang *bearing* (tirus) dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 *Defect* Lubang *Bearing* (Tirus) Pada Komponen *Housing Wrist Pin*
(Sumber : Divisi *Oil and Gas Equipment*)

Proses perbaikan komponen tersebut membutuhkan waktu serta mengakibatkan keterlambatan pada proses pengerjaan pesanan produk *Pumping Unit* dan berakibat adanya penalti dari pihak pelanggan.

Adapun proses pengerjaan yang dilakukan saat ini dari awal sampai akhir dilakukan secara terus menerus tanpa berhenti sehingga pada benda kerja tersebut timbul panas/memuai. Selain itu, pelaksanaan *finishing* dilakukan pada saat material masih dalam keadaan panas sehingga setelah material tersebut sudah dingin terjadi penyusutan yang mengakibatkan ukurannya berubah/tidak sesuai gambar. Hal ini terjadi karena kurangnya inspeksi ke bagian rantai produksi sehingga terjadi ketidaksesuaian hasil pada proses produksi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibuat usulan perbaikan untuk mengatasi penyebab kegagalan pada komponen *Housing Wrist Pin* yaitu dengan meningkatkan inspeksi ke bagian rantai produksi untuk memastikan proses pengerjaan komponen tersebut dilakukan secara bertahap dan untuk meminimalisasi kesalahan yang sejenis terulang kembali serta melakukan proses *finishing* setelah material tersebut sudah dalam keadaan dingin, sehingga bisa didapatkan ukuran yang sesuai dengan gambar.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengolahan data dan analisis adalah sebagai berikut :

1. Jenis kegagalan yang terjadi pada proses produksi *Pumping Unit* diantaranya:
 - a. *Failure A* (*Crank* dimensi tinggi rahang tidak sesuai dengan dimensi pada *drawing*)
 - b. *Failure B* (*Riser Box* dimensi pemasangan *Rip* tidak sesuai dengan *drawing*)
 - c. *Failure C* (*Crank* lubang baut pada kepala *Crank* tidak sesuai gambar/tidak *center*)
 - d. *Failure D* (*Housing Tail* lubang baut untuk *Cover tail* tidak sesuai spesifikasi, baut tidak masuk secara maksimal)
 - e. *Failure E* (*Housing Wrist Pin defect* pada lubang *bearing* “tirus”)
 - f. *Failure F* (*Walking Beam* dimensinya tidak sesuai dengan *drawing*)
 - g. *Failure H* (*Housing Wrist Pin defect* "kropos", baru terlihat setelah proses *machining*).
2. Berdasarkan hasil identifikasi prioritas penyebab kegagalan potensial pada proses produksi *Pumping Unit* dengan menggunakan metode MAFMA dapat diketahui penyebab kegagalan yang paling potensial berdasarkan bobot prioritas tertinggi adalah Penyebab E yaitu metode inspeksi penerimaan masih secara visual dengan nilai prioritas sebesar 0,3034 sehingga Penyebab E dinilai memiliki dampak yang besar pada kerusakan part dan memiliki potensi dalam menurunkan kualitas produk. Penyebab E disebabkan oleh komponen *casting material* yang berasal dari *supplier*, sedangkan komponen *raw material* yang memiliki nilai prioritas tertinggi adalah Penyebab D dengan nilai prioritas sebesar 0,1177. Penyebab kegagalan ini berasal dari proses *drilling* dimana proses pengerjaan

dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin, terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah (tidak sesuai gambar).

3. Berdasarkan hasil analisis masalah dan pembahasan, maka dibuat usulan perbaikan untuk Penyebab E dan Penyebab D. Hal ini didasari karena kedua penyebab kegagalan tersebut memiliki nilai prioritas tertinggi untuk masing-masing komponen *casting material* dan *raw material*.
 - a. Usulan perbaikan untuk Penyebab E
 - 1) Melakukan evaluasi kinerja dari supplier untuk komponen *Housing Wrist Pin* sehingga perusahaan bisa menentukan *supplier* mana yang akan menjadi prioritas utama saat melakukan pemesanan.
 - 2) Melakukan peningkatan dalam proses inspeksi penerimaan material untuk memastikan bahwa material yang masuk ke area produksi dalam keadaan yang baik.
 - b. Usulan perbaikan untuk Penyebab D
 - 1) Meningkatkan inspeksi ke bagian rantai produksi untuk memastikan proses pengerjaan komponen tersebut dilakukan secara bertahap dan untuk meminimalisasi kesalahan yang sejenis terulang kembali serta melakukan proses *finishing* setelah material tersebut sudah dalam keadaan dingin, sehingga bisa didapatkan ukuran yang sesuai dengan gambar.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah menambahkan subkriteria pada kriteria *severity* dengan memasukkan aspek berupa waktu perbaikan yaitu waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki part yang tidak sesuai standar serta potensi kerusakan part yaitu potensi penurunan kualitas pada part yang tidak sesuai standar sehingga akan lebih memudahkan *judgement/penilaian* dari para ahli perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D. W. 2003. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: ANDI.
- Besterfield, Dale. 2006. *Total Quality Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- Braglia, Marcello. 2000. *MAFMA: Multi Attribute Failure Mode Analysis*. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17 No. 9, pp. 1017-1033.
- Evan, James R. 2007. *Pengantar Six Sigma (An Introduction to Six Sigma and Process Improvement)*. Jakarta: Salemba Empat.
- Feigenbaum, Armand V. 1996. *Kendali Mutu Terpadu*. Edisi Ketiga Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HCCP*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Ishikawa K. 1988. *Teknik Penuntun Pengendalian Mutu*. Jakarta: Mediyatama Sarana Perkasa.
- McDermott, R.E., Mikulak, J.E., dan Bearegard, M.R. 2009. *The Basics of FMEA*. New York: Productivity Press.
- Montgomery, Douglas C. 2001. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Mustafa, et al. 2005. *The Evaluation of Airline Service Quality Using The Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Penang: International Conference on Tourism Development.
- Mutis T. 2004. *Nuansa Menuju Perbaikan Kualitas dan Produktivitas*. Jakarta: Trisakti.

- Nasution, M.N. 2001. *Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Management)*. Edisi 1. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Pande, P.S., Robert, P.N., dan Ronal, R.C. 2002. *The Six Sigma Way-Bagaimana GE, Motorola, dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Edisi Bahasa Indonesia. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Penncock, M., dan Harimes, Y. 2002. *Principles and Guidelines for Project Risk Management, System Engineering, Wiley Periodical Inc, Vol. 5 No. 2* p.56.
- Saaty, T. L. 1999. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- Tjiptono, F., dan Diana, A. 2001. *Total Quality Management*. Edisi Revisi. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Wignjosoebroto. 2006. *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Surabaya: Guna Widya.

Kuesioner

Uji Perbandingan Berpasangan Kriteria Perkiraan Biaya (*Expected Cost*)

Kepada Yth. Bapak Amir Hamzah selaku Kepala Departemen PPIC.

Saya adalah mahasiswa Program Studi Teknik Manajemen Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI yang sedang mengadakan penelitian tentang Pengendalian Kualitas di unit usaha *Oil and Gas Equipment* PT Bukaka Teknik Utama. Demi kesuksesan penelitian ini, saya sangat mengharapkan kesediaan bapak untuk mengisi kuesioner ini.

Kuesioner ini bertujuan untuk menentukan bobot kriteria perkiraan biaya dalam menganalisis penyebab kegagalan pada proses produksi *Pumping Unit*. Terdapat 7 kriteria yang akan dibandingkan diantaranya :

1. Penyebab A (Operator mendapat informasi pengerjaan tinggi rahang *crank* di *passing* asal rata saja)
2. Penyebab B (Terjadi pergeseran pada inti cor)
3. Penyebab C (Mata tap yang digunakan saat pengetapan sudah tumpul sehingga hasil kurang maksimal)
4. Penyebab D (Proses pengerjaan dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin, terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah/tidak sesuai gambar)
5. Penyebab E (Metode inspeksi penerimaan material masih secara visual)
6. Penyebab F (Kesalahan operator dalam mengambil *basic* pengukuran)
7. Penyebab G (Salah *marking* ketika melakukan *setting*)

Skala yang digunakan adalah skala rasio Saaty seperti di bawah ini :

Tingkat Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua faktor sama penting	Kedua faktor mempunyai pengaruh yang sama
3	Faktor yang satu sedikit lebih penting daripada yang lain	Penilaian salah satu faktor sedikit lebih memihak dibandingkan pasangannya
5	Faktor yang satu lebih penting daripada yang lain	Penilaian salah satu faktor lebih kuat dibandingkan faktor pasangannya
7	Faktor yang satu sangat penting daripada yang lain	Suatu faktor lebih kuat dan dominasinya terlihat dibanding pasangannya
9	Faktor yang satu mutlak sangat penting daripada yang lain	Sangat jelas bahwa suatu faktor amat sangat penting dibanding pasangannya
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua penilaian yang berdekatan	Diberikan jika terdapat keraguan antara 2 penilaian

Petunjuk pengisian kuesioner :

Di bawah ini terdapat tabel perbandingan dari tiap 2 kriteria. Silanglah bobot skala kepentingan menurut pendapat Anda.

Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab B
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab C
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab D
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab E
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab C
Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab D
Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab E
Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab D
Penyebab C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab E
Penyebab C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab E
Penyebab D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab F	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------

Kuesioner

Uji Perbandingan Berpasangan Kriteria Perkiraan Biaya (*Expected Cost*)

Kepada Yth. Bapak Slamet selaku Kepala Unit Usaha *Oil and Gas Equipment*

Saya adalah mahasiswa Program Studi Teknik Manajemen Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI yang sedang mengadakan penelitian tentang Pengendalian Kualitas di unit usaha *Oil and Gas Equipment* PT Bukaka Teknik Utama. Demi kesuksesan penelitian ini, saya sangat mengharapkan kesediaan bapak untuk mengisi kuesioner ini.

Kuesioner ini bertujuan untuk menentukan bobot kriteria perkiraan biaya dalam menganalisis penyebab kegagalan pada proses produksi *Pumping Unit*. Terdapat 7 kriteria yang akan dibandingkan diantaranya :

1. Penyebab A (Operator mendapat informasi pengerjaan tinggi rahang *crank* di *passing* asal rata saja)
2. Penyebab B (Terjadi pergeseran pada inti cor)
3. Penyebab C (Mata tap yang digunakan saat pengetapan sudah tumpul sehingga hasil kurang maksimal)
4. Penyebab D (Proses pengerjaan dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin, terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah/tidak sesuai gambar)
5. Penyebab E (Metode inspeksi penerimaan material masih secara visual)
6. Penyebab F (Kesalahan operator dalam mengambil *basic* pengukuran)
7. Penyebab G (Salah *marking* ketika melakukan *setting*)

Skala yang digunakan adalah skala rasio Saaty seperti di bawah ini :

Tingkat Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua faktor sama penting	Kedua faktor mempunyai pengaruh yang sama
3	Faktor yang satu sedikit lebih penting daripada yang lain	Penilaian salah satu faktor sedikit lebih memihak dibandingkan pasangannya
5	Faktor yang satu lebih penting daripada yang lain	Penilaian salah satu faktor lebih kuat dibandingkan faktor pasangannya
7	Faktor yang satu sangat penting daripada yang lain	Suatu faktor lebih kuat dan dominasinya terlihat dibanding pasangannya
9	Faktor yang satu mutlak sangat penting daripada yang lain	Sangat jelas bahwa suatu faktor amat sangat penting dibanding pasangannya
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua penilaian yang berdekatan	Diberikan jika terdapat keraguan antara 2 penilaian

Petunjuk pengisian kuesioner :

Di bawah ini terdapat tabel perbandingan dari tiap 2 kriteria. Silanglah bobot skala kepentingan menurut pendapat Anda.

Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab B
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab C
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab D
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab E
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab C
Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab D
Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab E
Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab D
Penyebab C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab E
Penyebab C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab E
Penyebab D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab F
Penyebab E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G

Penyebab F	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penyebab G
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------

Kuesioner FMEA

Responden Yth.

Saya adalah mahasiswa program studi Teknik dan Manajemen Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI yang sedang mengadakan penelitian tentang pengendalian kualitas pada proses produksi *Pumping Unit* di Unit Usaha *Oil and Gas Equipment (OGE)* PT Bukaka Teknik Utama. Kuesioner ini dibuat untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan potensial pada proses produksi *Pumping Unit* dengan menggunakan metode *FMEA*.

Demi kesuksesan penelitian ini, saya sangat mengharapkan Bapak/Ibu untuk bersedia mengisi kuesioner ini dengan keseriusan dan kejujuran. Informasi yang saya peroleh nantinya hanya untuk tujuan akademis semata.

Terima kasih atas partisipasi Bapak/Ibu dalam penelitian ini.

Nama :

Jabatan :

Usia :

Lama bekerja :

Pendidikan terakhir :

Petunjuk :

1. *Potential Failure Mode* (Bentuk Kegagalan Potensial) : Suatu kejadian dimana proses dapat dikatakan secara potensial gagal untuk memenuhi kebutuhan proses atau tujuan akhir produk.
2. *Potential Effect of Failure* (Efek Potensial dari Kegagalan) : Suatu efek dari bentuk kegagalan terhadap pelanggan dimana setiap perubahan dalam variabel yang mempengaruhi proses akan menyebabkan proses itu menghasilkan produk di luar batas-batas spesifikasi.
3. *S (Severity)* : Seberapa besar dampak kegagalan mempengaruhi output proses. Dampak tersebut diranking mulai dari skala 1-10. Skala penilaian untuk menilai kriteria *severity* menggunakan *ISO27k Toolkit* yang telah disesuaikan

dengan kebutuhan perusahaan. Skala penilaian dan parameter dari kriteria *severity* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel Parameter Kriteria *Severity* menggunakan *ISO27kToolkit*

<i>Effect</i>	<i>Severity of Effect</i>	<i>Ranking</i>
<i>Catastrophic</i>	Kegagalan dapat mengganggu proses produksi secara total tanpa ada peringatan terlebih dahulu dan langsung menjadi waste.	10
<i>Extreme</i>	Kegagalan dapat mengganggu proses produksi secara total dengan perbaikan 10%-25% pada bagian produk. Sumber kegagalan diketahui tetapi tidak dapat dikendalikan.	9
<i>Very High</i>	Kegagalan dapat mengganggu proses produksi secara total dengan perbaikan 25%-50% pada bagian produk. Sumber kegagalan diketahui dan dapat dikendalikan.	8
<i>High</i>	Kegagalan dapat mengganggu proses produksi secara total dengan perbaikan 50%-80% pada bagian produk.	7
<i>Moderate</i>	Kegagalan memberi efek mengganggu 50%-80% dari kegiatan proses produksi.	6
<i>Low</i>	Kegagalan memberi efek mengganggu 25%-50% dari kegiatan proses produksi.	5
<i>Very Low</i>	Kegagalan memberi efek mengganggu 10%-25% dari kegiatan proses produksi.	4
<i>Minor</i>	Kegagalan memberi efek besar pada prosedur atau tata cara kerja.	3
<i>Very Minor</i>	Kegagalan memberi efek kecil pada prosedur atau tata cara kerja.	2
<i>None</i>	Tidak ada dampak.	1

4. *Potential Cause of Failure* (Penyebab Potensial) : Bagaimana kegagalan tersebut bisa terjadi?
5. *Occurance* (Tingkat Kejadian) : Seberapa sering penyebab kegagalan spesifik dalam suatu proses produksi tersebut terjadi. Skala penilaian untuk menilai masing-masing penyebab menggunakan *ISO27k Toolkit* yang telah disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan. Skala penilaian dan parameter dari kriteria *occurance* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel Parameter Kriteria *Occurance* menggunakan *ISO27k Toolkit*

<i>Probability of Failure</i>	<i>Failure Probability</i>	<i>Ranking</i>
<i>Very high : Failure is almost inevitable</i>	> 1 in 2	10
	1 in 2	9
<i>High : Repeated failures</i>	1 in 3	8
	1 in 4	7
<i>Moderate : Occasional failures</i>	1 in 6	6
	1 in 8	5
	1 in 10	4
<i>Low : Relatively few failures</i>	1 in 14	3
	1 in 18	2
<i>Remote : Failure is unlikely</i>	< 1 in 18	1

6. *Detection* (Deteksi) : Penilaian dari kemungkinan alat tersebut dapat mendeteksi penyebab potensial terjadinya suatu bentuk kegagalan. Skala penilaian untuk menilai masing-masing penyebab menggunakan *ISO27k Toolkit* yang telah disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan. Skala penilaian dan parameter dari kriteria *detection* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Parameter Variabel *Detection* menggunakan *ISO27k Toolkit*

<i>Detection</i>	<i>Likelihood of Detection</i>	<i>Ranking</i>
<i>Absolute Uncertainty</i>	Kontrol tidak dapat mencegah/mendeteksi penyebab potensial dan modus kegagalan berikutnya	10
<i>Very Remote</i>	Kontrol sangat sulit mencegah/mendeteksi penyebab potensial dan modus kegagalan berikutnya	9
<i>Remote</i>	Kontrol saat ini sulit mencegah/mendeteksi penyebab potensial dan modus kegagalan berikutnya	8
<i>Very Low</i>	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah	7
<i>Low</i>	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah	6
<i>Moderate</i>	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang	5
<i>Moderately High</i>	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	4

Tabel 4.4 Parameter Variabel *Detection* menggunakan ISO27k Toolkit (lanjutan)

<i>Detection</i>	<i>Likelihood of Detection</i>	<i>Ranking</i>
<i>High</i>	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan tinggi	3
<i>Very High</i>	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	2
<i>Almost Certain</i>	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti	1

7. *Risk Priority Number* (Angka Prioritas Resiko) : Angka prioritas resiko yang didapatkan dari perkalian *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*.
8. *Current Action* (Pengendali Proses Saat ini) : Deskripsi dari alat pengendali yang dapat mencegah atau memperbesar kemungkinan bentuk kegagalan terjadi atau mendeteksi terjadinya bentuk kegagalan tersebut.

Kuesioner Uji Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria

Kepada Yth. Bapak Amir Hamzah selaku Kepala Departemen PPIC.

Saya adalah mahasiswa Program Studi Teknik Manajemen Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI yang sedang mengadakan penelitian tentang Pengendalian Kualitas di unit usaha *Oil and Gas Equipment* PT Bukaka Teknik Utama. Demi kesuksesan penelitian ini, saya sangat mengharapkan kesediaan bapak untuk mengisi kuesioner ini.

Kuesioner ini bertujuan untuk menentukan bobot kriteria dalam menganalisis penyebab kegagalan pada proses produksi *Pumping Unit*. Kriteria yang digunakan diantaranya :

1. *Severity* (efek yang ditimbulkan dari suatu kegagalan)
2. *Occurence* (kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan)
3. *Detectability* (kontrol awal yang dilakukan untuk mendeteksi kegagalan)
4. *Expected Cost* (perkiraan biaya yang harus dikeluarkan jika terjadi kegagalan)

Skala yang digunakan adalah skala rasio Saaty seperti di bawah ini :

Tingkat Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua faktor sama penting	Kedua faktor mempunyai pengaruh yang sama
3	Faktor yang satu sedikit lebih penting daripada yang lain	Penilaian salah satu faktor sedikit lebih memihak dibandingkan pasangannya
5	Faktor yang satu lebih penting daripada yang lain	Penilaian salah satu faktor lebih kuat dibandingkan faktor pasangannya
7	Faktor yang satu sangat penting daripada yang lain	Suatu faktor lebih kuat dan dominasinya terlihat dibanding pasangannya
9	Faktor yang satu mutlak sangat penting daripada yang lain	Sangat jelas bahwa suatu faktor amat sangat penting dibanding pasangannya
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua penilaian yang berdekatan	Diberikan jika terdapat keraguan antara 2 penilaian

Contohnya :

<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Occurence</i>
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------

Angka 2 menunjukkan bahwa kriteria *severity* sedikit lebih penting dari kriteria *occurence*.

<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Occurence</i>
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------

Angka 1 menunjukkan bahwa kriteria *severity* dan kriteria *occurence* sama pentingnya.

<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Occurence</i>
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------

Angka 2 menunjukkan bahwa kriteria *occurence* sedikit lebih penting dari kriteria *severity*.

Petunjuk pengisian kuesioner :

Di bawah ini terdapat tabel perbandingan dari tiap 2 kriteria. Silanglah bobot skala kepentingan menurut pendapat Anda.

<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Occurence</i>
<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Detectability</i>
<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Expected Cost</i>
<i>Occurence</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Detectability</i>
<i>Occurence</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Expected Cost</i>
<i>Detectability</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Expected Cost</i>

Kuesioner Uji Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria

Kepada Yth. Bapak Slamet selaku Kepala Unit Usaha *Oil and Gas Equipment*

Saya adalah mahasiswa Program Studi Teknik Manajemen Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI yang sedang mengadakan penelitian tentang Pengendalian Kualitas di unit usaha *Oil and Gas Equipment* PT Bukaka Teknik Utama. Demi kesuksesan penelitian ini, saya sangat mengharapkan kesediaan bapak untuk mengisi kuesioner ini.

Kuesioner ini bertujuan untuk menentukan bobot kriteria dalam menganalisis penyebab kegagalan pada proses produksi *Pumping Unit*. Kriteria yang digunakan diantaranya :

1. *Severity* (efek yang ditimbulkan dari suatu kegagalan)
2. *Occurence* (kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan)
3. *Detectability* (kontrol awal yang dilakukan untuk mendeteksi kegagalan)
4. *Expected Cost* (perkiraan biaya yang harus dikeluarkan jika terjadi kegagalan)

Skala yang digunakan adalah skala rasio Saaty seperti di bawah ini :

Tingkat Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua faktor sama penting	Kedua faktor mempunyai pengaruh yang sama
3	Faktor yang satu sedikit lebih penting daripada yang lain	Penilaian salah satu faktor sedikit lebih memihak dibandingkan pasangannya
5	Faktor yang satu lebih penting daripada yang lain	Penilaian salah satu faktor lebih kuat dibandingkan faktor pasangannya
7	Faktor yang satu sangat penting daripada yang lain	Suatu faktor lebih kuat dan dominasinya terlihat dibanding pasangannya
9	Faktor yang satu mutlak sangat penting daripada yang lain	Sangat jelas bahwa suatu faktor amat sangat penting dibanding pasangannya
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua penilaian yang berdekatan	Diberikan jika terdapat keraguan antara 2 penilaian

Contohnya :

<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Occurence</i>
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------

Angka 2 menunjukkan bahwa kriteria *severity* sedikit lebih penting dari kriteria *occurence*.

<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Occurence</i>
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------

Angka 1 menunjukkan bahwa kriteria *severity* dan kriteria *occurence* sama pentingnya.

<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Occurence</i>
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------

Angka 2 menunjukkan bahwa kriteria *occurence* sedikit lebih penting dari kriteria *severity*.

Petunjuk pengisian kuesioner :

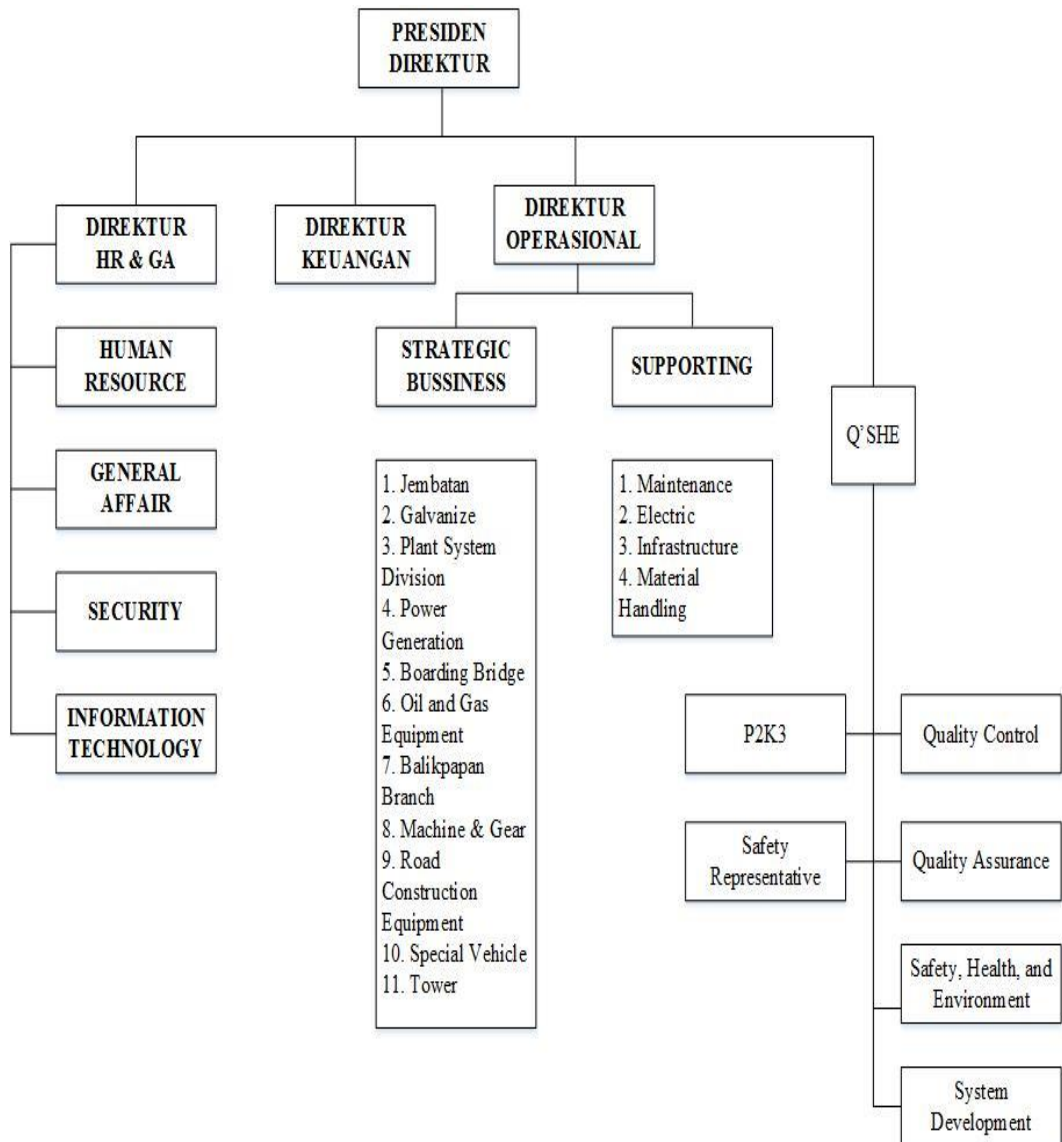
Di bawah ini terdapat tabel perbandingan dari tiap 2 kriteria. Silanglah bobot skala kepentingan menurut pendapat Anda.

<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Occurence</i>
<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Detectability</i>
<i>Severity</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Expected Cost</i>
<i>Occurence</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Detectability</i>
<i>Occurence</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Expected Cost</i>
<i>Detectability</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Expected Cost</i>

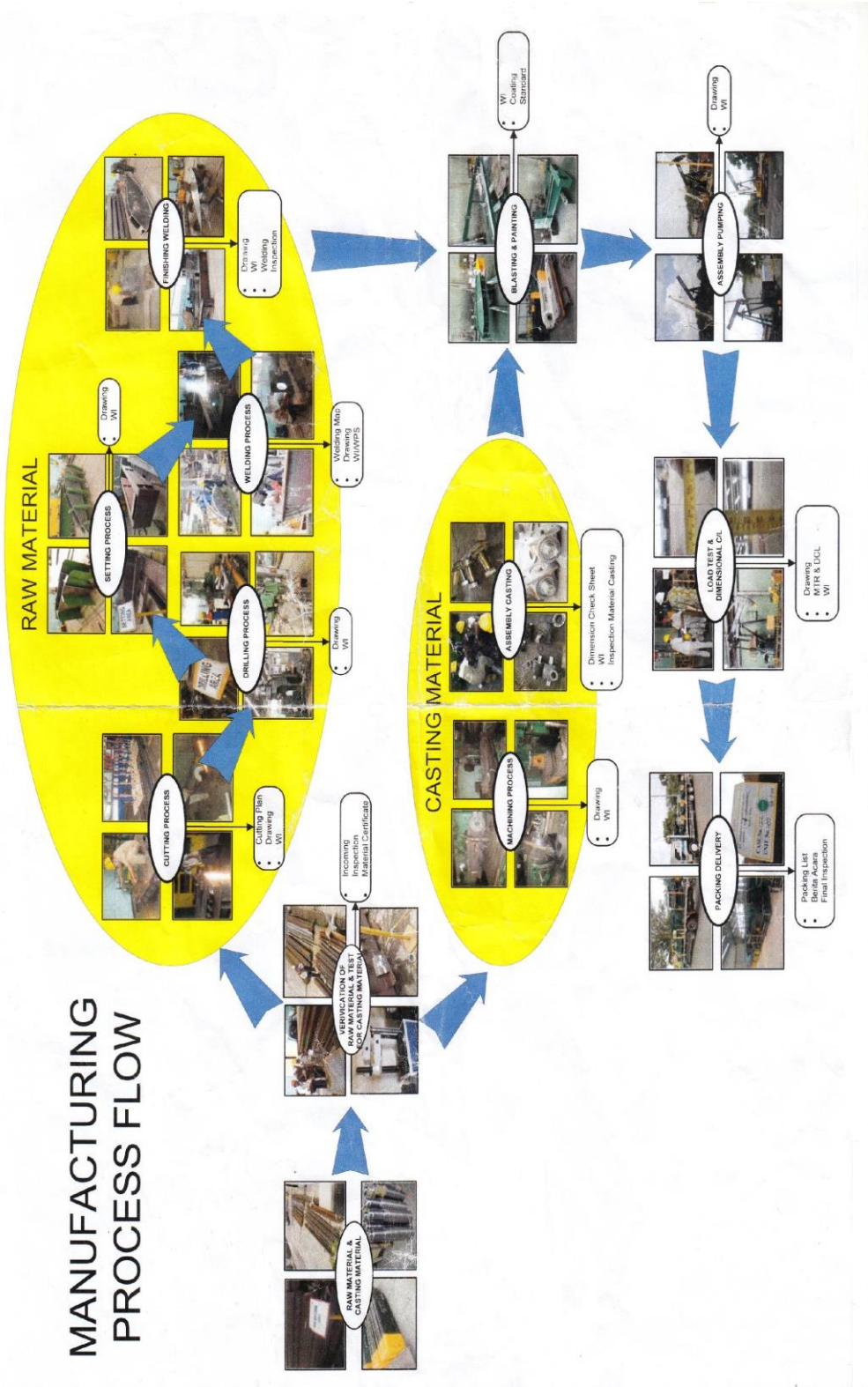
LAMPIRAN A

Data Umum Perusahaan
PT Bukaka Teknik Utama

Struktur Organisasi PT Bukaka Teknik Utama



Peta Aliran Proses Produksi PT Bukaka Teknik Utama



LAMPIRAN B

Kuesioner dan Tabel Pendukung Pengolahan Data.

1. Kuesioner FMEA
2. Kuesioner Uji Perbandingan Berpasangan Aspek Biaya (*Expected Cost*)
3. Kuesioner Uji Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria
4. Tabel Hasil Normalisasi dan Perhitungan Eigen Vektor Matriks Perbandingan Aspek Biaya
5. Tabel Hasil Normalisasi dan Perhitungan Eigen Vektor Setiap Kriteria

Hasil Normalisasi Bobot Relatif dan Hasil Perhitungan Eigen Faktor Untuk Aspek Biaya (*Expected Cost*)

Alternatif	Penyebab A	Penyebab B	Penyebab C	Penyebab D	Penyebab E	Penyebab F	Penyebab G	Total	Eigen Faktor
Penyebab A	0,0797	0,0851	0,1091	0,0453	0,0777	0,1083	0,1027	0,6079	0,0868
Penyebab B	0,0797	0,0851	0,1336	0,0785	0,0777	0,1083	0,1027	0,6656	0,0951
Penyebab C	0,0325	0,0284	0,0445	0,0262	0,0777	0,0255	0,0242	0,2590	0,0370
Penyebab D	0,1380	0,0851	0,1336	0,0785	0,0777	0,0541	0,0514	0,6184	0,0883
Penyebab E	0,5576	0,5959	0,3118	0,5495	0,5438	0,5730	0,5436	3,6752	0,5250
Penyebab F	0,0563	0,0602	0,1336	0,1110	0,0727	0,0766	0,1027	0,6131	0,0876
Penyebab G	0,0563	0,0602	0,1336	0,1110	0,0727	0,0541	0,0726	0,5606	0,0801

Tahap Iterasi 1 Perhitungan Bobot Aspek Biaya

Alternatif	Penyebab A	Penyebab B	Penyebab C	Penyebab D	Penyebab E	Penyebab F	Penyebab G	Total	Prioritas
Penyebab A	7,0003	6,3941	19,1167	7,9714	1,2391	7,5366	8,5366	57,7949	0,0860
Penyebab B	7,9570	7,0002	20,9350	8,5775	1,3782	8,0189	9,0189	62,8857	0,0936
Penyebab C	3,1987	2,8798	6,9998	3,1786	0,5284	3,2559	3,4916	23,5328	0,0350
Penyebab D	7,6891	6,7323	18,4857	7,0003	1,2939	7,8472	8,3472	57,3955	0,0854
Penyebab E	46,5650	40,9160	118,0463	48,5407	7,0007	47,3396	52,6311	361,0394	0,5373
Penyebab F	7,7306	6,4706	19,2737	7,8788	1,2890	6,9996	7,8280	57,4704	0,0855
Penyebab G	7,2306	5,9706	17,1524	6,8789	1,1945	6,4138	6,9996	51,8405	0,0771
Total								671,9592	1,0000

Tahap Iterasi 2 Perhitungan Bobot Aspek Biaya

Alternatif	Penyebab A	Penyebab B	Penyebab C	Penyebab D	Penyebab E	Penyebab F	Penyebab G	Total	Prioritas	Selisih vektor matriks
Penyebab A	398,6179	347,5080	983,3364	404,0445	66,2561	392,5476	433,2687	3025,5791	0,0858	0,0002
Penyebab B	435,6989	380,0413	1075,7037	442,1799	72,4255	429,4437	474,1914	3309,6844	0,0939	-0,0003
Penyebab C	167,1896	145,7298	414,2884	170,0517	27,8158	164,6128	182,0201	1271,7082	0,0361	-0,0011
Penyebab D	401,6204	350,2107	993,8918	408,8549	66,7755	395,4628	437,2886	3054,1047	0,0867	-0,0013
Penyebab E	2474,8721	2157,8972	6111,9206	2512,0089	412,1700	2436,7231	2691,2991	18796,8909	0,5334	0,0039
Penyebab F	398,5693	348,0428	985,1416	405,1081	66,2723	393,6373	434,8399	3031,6112	0,0860	-0,0005
Penyebab G	361,6981	315,9020	895,1283	368,1903	60,1428	357,3007	394,9513	2753,3135	0,0781	-0,0010
Total								35242,8919	1,0000	

Tahap Iterasi 3 Perhitungan Bobot Aspek Biaya

Alternatif	Penyebab A	Penyebab B	Penyebab C	Penyebab D	Penyebab E	Penyebab F	Penyebab G	Total	Prioritas	Selisih vektor matriks
Penyebab A	1114126,4777	971860,0927	2754221,4882	1132119,4808	185293,6721	1098142,3053	1213295,3857	8469058,9025	0,0859	-0,0001
Penyebab B	1218616,9491	1063008,0435	3012533,0258	1238298,3257	202671,7725	1201134,0655	1327087,3850	9263349,5672	0,0939	0,0000
Penyebab C	467986,5046	408227,6071	1156907,5502	475545,2953	77832,2407	461271,9654	509642,2505	3557413,4137	0,0361	0,0000
Penyebab D	1124086,9096	980548,3411	2778849,8245	1142242,9764	186950,2176	1107959,1015	1224142,7654	8544780,1361	0,0866	0,0001
Penyebab E	6922154,1599	6038240,4606	17112197,4078	7033948,0608	1151244,3850	6822839,2119	7538295,4230	52618919,1091	0,5334	0,0000
Penyebab F	1116111,8047	973592,5709	2759132,8321	1134138,7989	185623,8111	1100100,4795	1215459,6008	8484159,8981	0,0860	0,0000
Penyebab G	1013454,3314	884043,6623	2505355,8266	1029824,0344	168550,5410	998915,5964	1103664,6343	7703808,6263	0,0781	0,0000
Total								98641489,6530	1,0000	

Hasil Normalisasi Bobot Relatif dan Hasil Perhitungan Eigen Faktor Untuk Setiap Kriteria

Kriteria	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>	<i>Expected Cost</i>	Total	Eigen Faktor
<i>Severity</i>	0,3000	0,3333	0,2222	0,3529	1,2085	0,3021
<i>Occurance</i>	0,1000	0,1111	0,1111	0,1176	0,4398	0,1100
<i>Detection</i>	0,3000	0,2222	0,2222	0,1765	0,9209	0,2302
<i>Expected Cost</i>	0,3000	0,3333	0,4444	0,3529	1,4307	0,3577

Tahap Iterasi 1 Perhitungan Bobot Kriteria

Kriteria	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>	<i>Severity</i>	<i>Expected Cost</i>	Total	Prioritas
<i>Occurance</i>	3,9999	11,0000	5,5000	3,4999	23,9998	0,3016
<i>Detection</i>	1,4999	3,9998	1,9999	1,2499	8,7495	0,1099
<i>Severity</i>	3,1666	8,5000	4,0000	2,6666	18,3332	0,2304
<i>Expected Cost</i>	4,9999	13,0000	6,5000	3,9999	28,4998	0,3581
Total					79,5823	1,0000

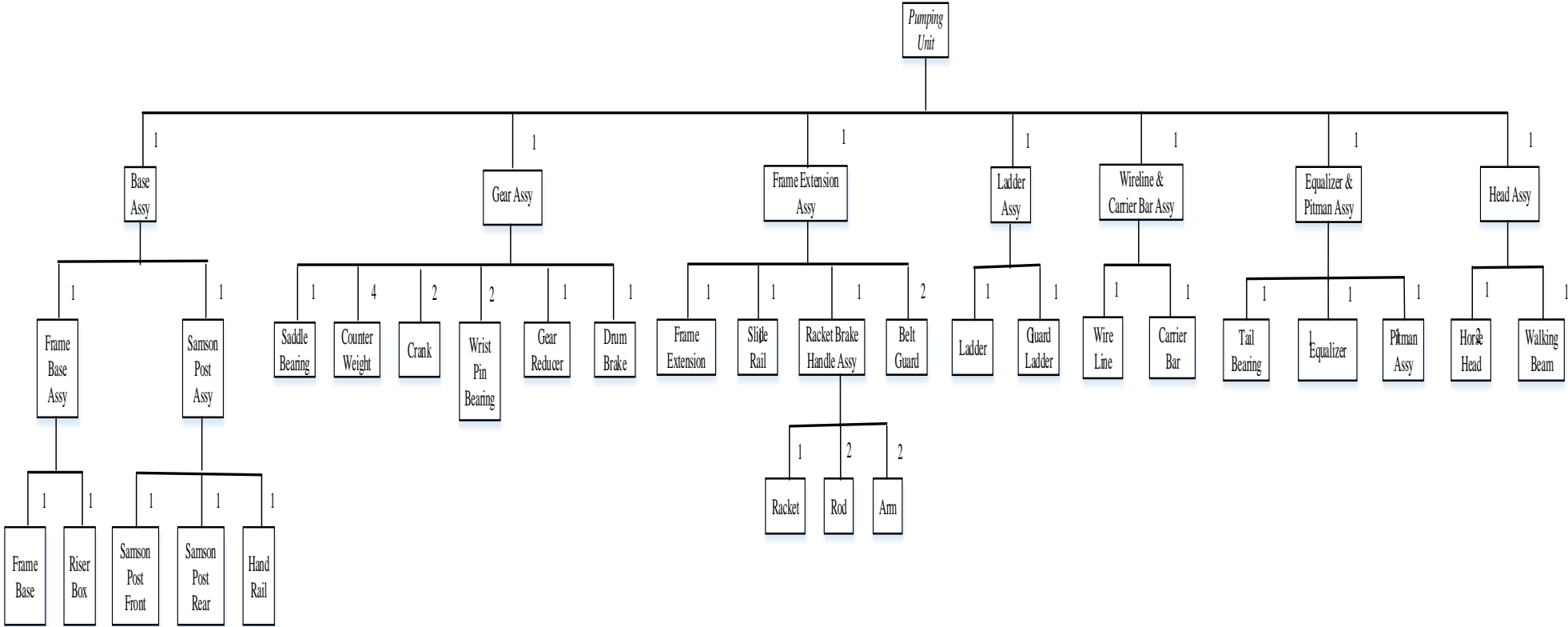
Tahap Iterasi 2 Perhitungan Bobot Kriteria

Kriteria	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>	<i>Severity</i>	<i>Expected Cost</i>	Total	Prioritas	Selisih vektor matriks
<i>Occurance</i>	67,4136	180,2454	88,7477	56,4137	392,8204	0,3015	0,0001
<i>Detection</i>	24,5810	65,7452	32,3726	20,5813	143,2800	0,1100	-0,0001
<i>Severity</i>	51,4144	137,4967	67,7484	43,0395	299,6989	0,2301	0,0003
<i>Expected Cost</i>	80,0798	214,2450	105,4975	67,0800	466,9023	0,3584	-0,0003
Total					1302,7015	1,0000	

Tahap Iterasi 3 Perhitungan Bobot Kriteria

Kriteria	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>	<i>Severity</i>	<i>Expected Cost</i>	Total	Prioritas	Selisih vektor matriks
<i>Occurance</i>	18055,7132	48290,1302	23781,7316	15116,6229	105244,1979	0,3015	0,0000
<i>Detection</i>	6585,7407	17613,6098	8674,2808	5513,7210	38387,3522	0,1100	0,0000
<i>Severity</i>	13775,6741	36843,1362	18144,3633	11533,2843	80296,4579	0,2301	0,0000
<i>Expected Cost</i>	21460,5751	57396,4612	28266,3822	17967,2470	125090,6654	0,3584	0,0000
Total					349018,6735		

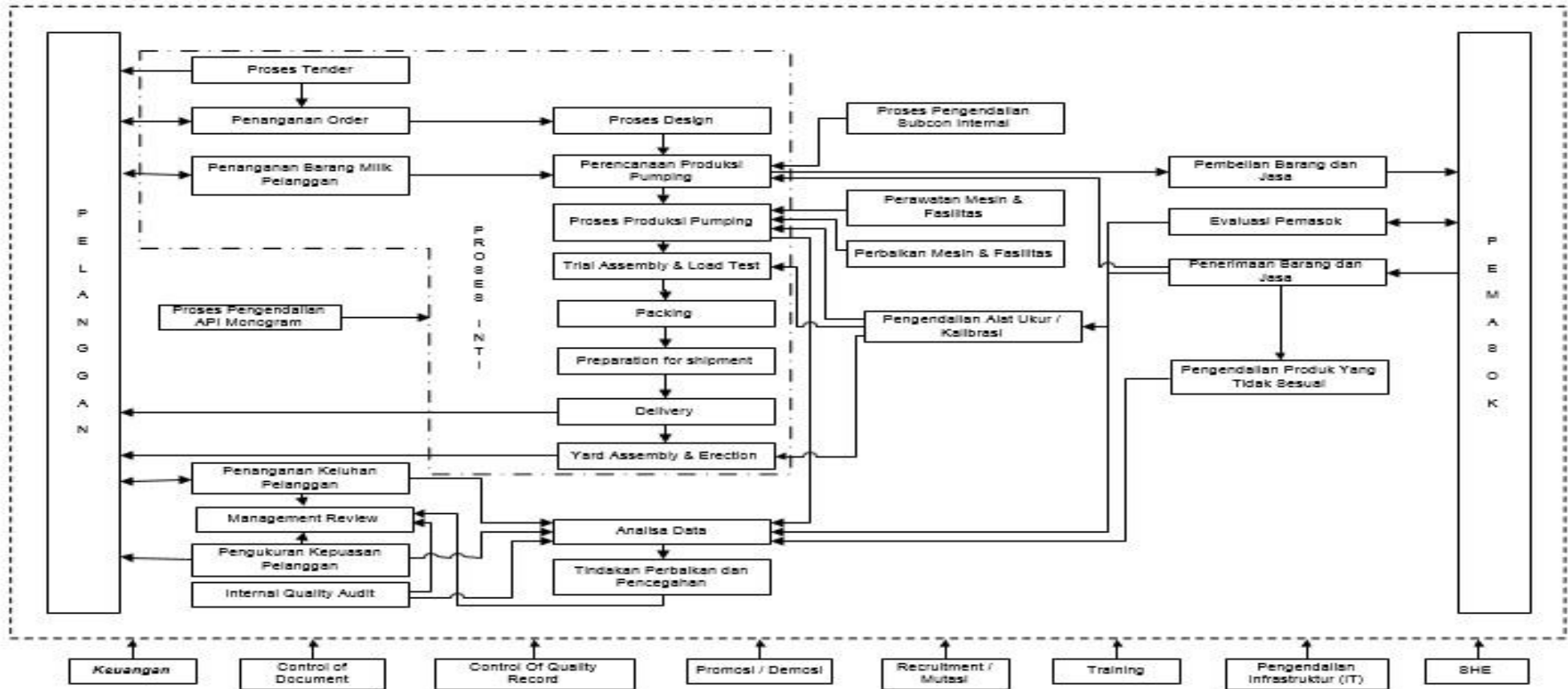
Struktur Produk *Pumping Unit*



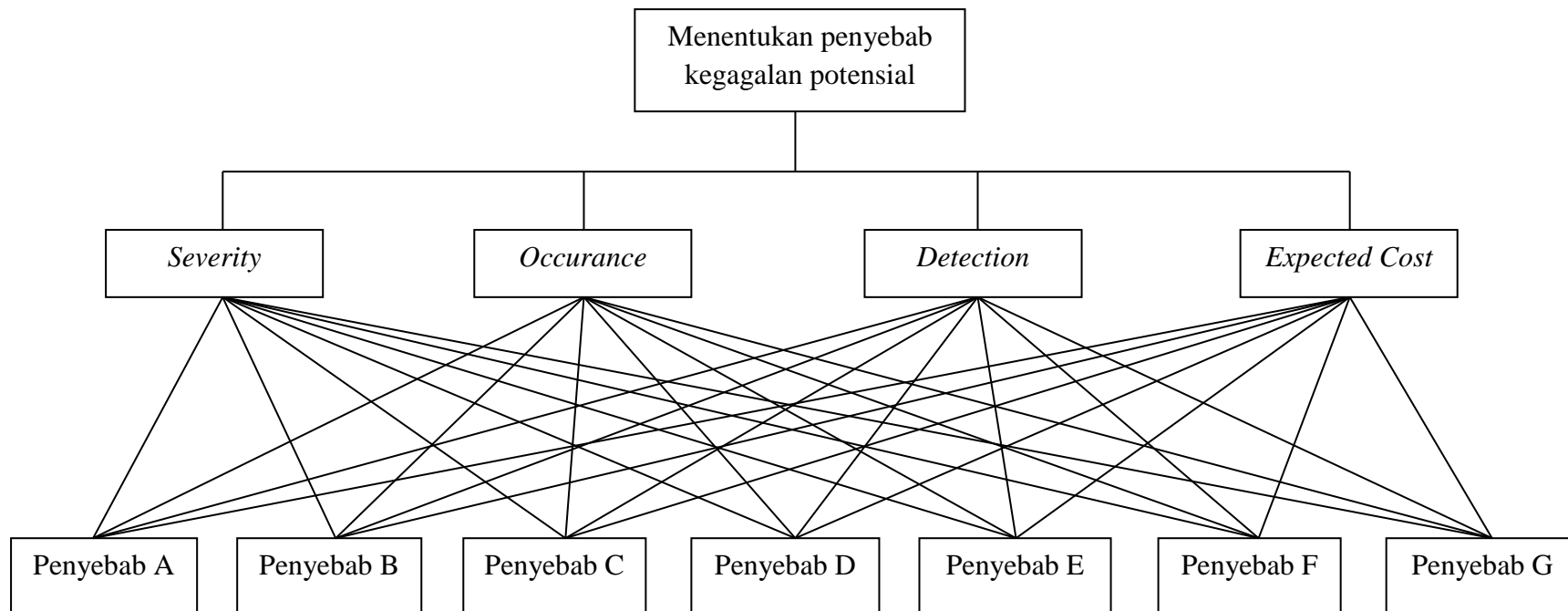
Proses Bisnis Unit Usaha *Oil and Gas Equipment*



BISNIS PROSES
UNIT USAHA OIL & GAS EQUIPMENT
PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA



LAMPIRAN



Gambar 4.4 Struktur Hierarki MAFMA
(Sumber : Pengolahan Data)

Tabel 4.7 Penilaian Parameter *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*

Proses	Komponen	Jenis Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan	O	Metode Deteksi	D
<i>Drawing</i>	<i>Crank</i>	Dimensi tinggi rahang tidak sesuai dengan dimensi pada <i>drawing</i> .	5	Operator mendapat informasi pengerjaan tinggi rahang <i>crank</i> di <i>passing</i> asal rata saja. (Penyebab A)	6	Visual	7
<i>Drilling</i>	<i>Crank</i>	Lubang baut (kepala <i>crank</i>) tidak sesuai gambar/ <i>tidak center</i> .	5	Terjadi pergeseran pada inti cor. (Penyebab B)	5	Visual	7
	<i>Housing Tail</i>	Lubang baut untuk <i>cover tail</i> tidak masuk secara maksimal.	4	Mata tap yang digunakan saat pengetapan sudah tumpul sehingga hasil kurang maksimal. (Penyebab C)	7	Visual	7
	<i>Housing Wrist Pin</i>	<i>Defect</i> pada lubang <i>bearing</i> (tirus).	5	Proses pengerjaan dilakukan secara terus menerus sehingga benda kerja tersebut timbul panas. Setelah benda kerja sudah dingin, terjadi penyusutan sehingga ukurannya berubah (tidak sesuai gambar). (Penyebab D)	5	Visual	6
<i>Verifikasi & Test Casting Material</i>	<i>Housing Wrist Pin</i>	<i>Defect</i> "kropos", terlihat setelah proses <i>machining</i> .	10	Metode inspeksi penerimaan material masih secara visual. (Penyebab E)	4	Visual	8
<i>Cutting</i>	<i>Riser Box</i>	Dimensi pemasangan <i>Rip</i> tidak sesuai dengan dimensi pada <i>drawing</i> .	5	Kesalahan operator dalam mengambil <i>basic</i> pengukuran. (Penyebab F)	4	Visual	6
	<i>Walking Beam</i>	Dimensinya tidak sesuai dengan <i>drawing</i> .	5	Salah <i>marking</i> ketika melakukan <i>setting</i> . (Penyebab G)	4	Visual	6

(Sumber : Pengolahan Data)