



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS RISIKO PADA KEGAGALAN PEMELIHARAAN  
DAN OPERASI PADA SISTEM TURBIN GAS PLTGU  
DENGAN METODE FMEA DAN FTA**

**SKRIPSI**

**NENI YANTI NADEAK  
0606043660**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
DESEMBER 2008**

i



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS RISIKO PADA KEGAGALAN PEMELIHARAAN  
DAN OPERASI PADA SISTEM TURBIN GAS PLTGU  
DENGAN METODE FMEA DAN FTA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**

**NENI YANTI NADEAK**

**0606043660**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
DESEMBER 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

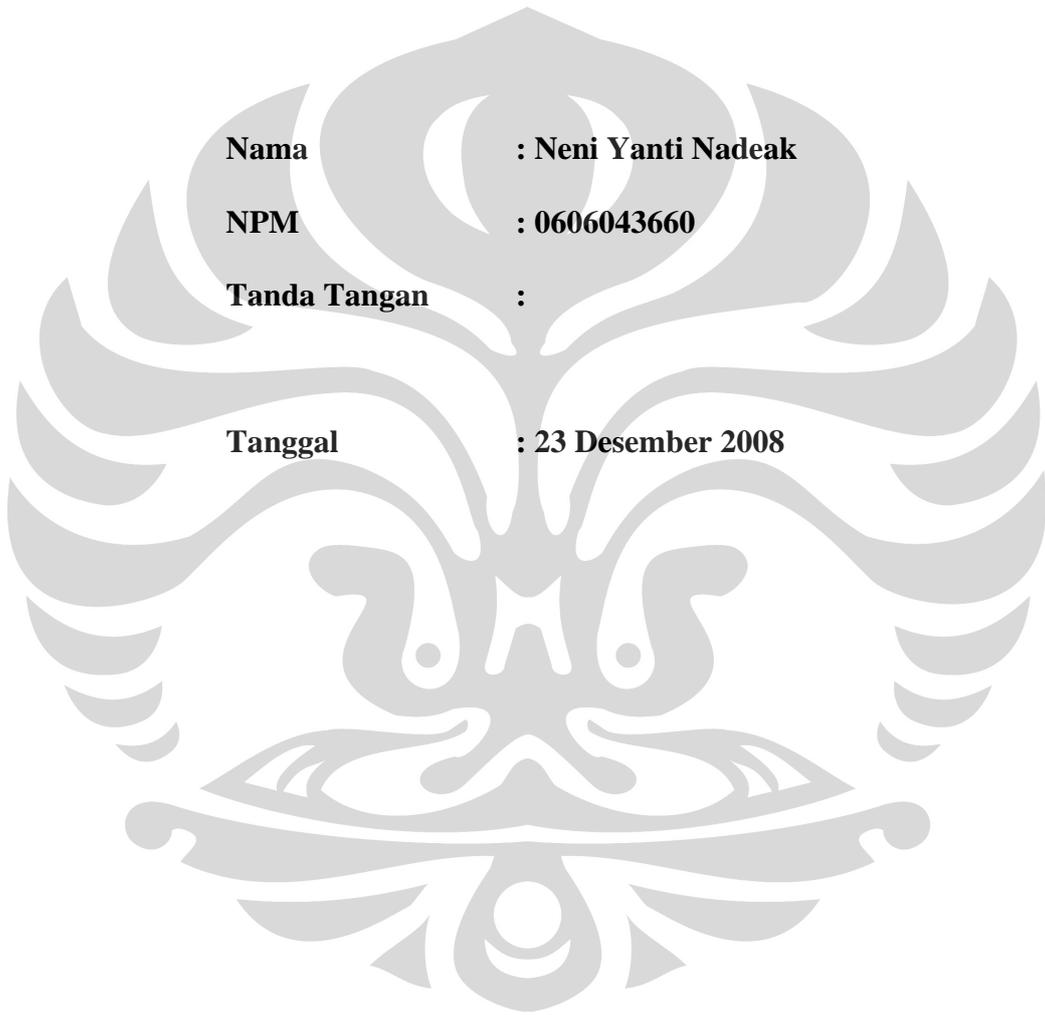
**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Neni Yanti Nadeak**

**NPM : 0606043660**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 23 Desember 2008**



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Neni Yanti Nadeak  
NPM : 0606043660  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Analisis Risiko Kegagalan Pemeliharaan dan Operasi pada Sistem Turbin Gas PLTGU dengan Metode FMEA dan FTA

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

**Pembimbing : Ir. Yadrifil, M.Sc ( )**

**Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM ( )**

**Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE ( )**

**Penguji : Ir. Isti Surjandari, MT, MA, Ph.D ( )**

**Ditetapkan di : Depok**

**Tanggal : 23 Desember 2008**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur pada Allah Bapa di surga, dengan limpahan berkat dan kasihNya skripsi ini akhirnya dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Industri, Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Yadrifil, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ir. M. Dachyar, MSc selaku pembimbing akademis dan Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel, MEngSc sebagai ketua departemen Teknik Industri Universitas Indonesia.
3. PT. X, Bpk. Zainal selaku General Manajer dan Bpk Andi Adam selaku Manajer Operasi yang telah mengizinkan saya untuk melakukan penelitian di perusahaannya dan segenap staf dan karyawan yang telah membantu.
4. Kedua Orang tua yang telah sangat mendukung baik moril maupun materil.
5. Ka Newi yang menjadi inspirasi dan semangat. Kakak dan teman yang setia.
6. Abang dan kakak yang selalu mendukung Boston yang jadi hiburan disaat penat.
7. Teman-teman ekstensi teknik industri UI 2006.

Penulis sadar skripsi ini masih belum sempurna, penulis sangat mengharapkan masukan berupa kritik dan saran dari pembaca sekalian. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan keilmuan Teknik Industri dimasa mendatang.

Depok, 23 Desember 2008

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, penulis yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Neni Yanti Nadeak  
NPM : 0606043660  
Departemen : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi mengembangkan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah penulis yang berjudul :

Analisis Risiko Kegagalan Pemeliharaan dan Operasi pada Sistem Turbin Gas PLTGU dengan Metode FMEA dan FTA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 23 Desember 2008  
Yang menyatakan

(Neni Yanti Nadeak)

## ABSTRAK

Nama : Neni Yanti Nadeak  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Analisis Risiko Kegagalan Pemeliharaan dan Operasi pada Sistem Turbin Gas PLTGU dengan Metode FMEA dan FTA.

Operasi dan pemeliharaan merupakan dua aktifitas penting dalam kegiatan perusahaan. Bagi perusahaan pembangkit listrik melakukan kedua aktifitas tersebut sangatlah penting karena untuk dapat memberikan suplai listrik yang aman, cukup dan dapat dipercaya bagi konsumen, diperlukan pelaksanaan pemeliharaan serta operasi yang maksimal. PT X merupakan perusahaan penyuplai listrik untuk lokasi Jawa dan Bali. Terjadinya Kegagalan dalam sistem pemeliharaan dan operasi menimbulkan risiko keselamatan dan kesehatan yang terganggu dan hilangnya suplai listrik bagi sebagian besar konsumen yang mengakibatkan hilangnya sejumlah keuntungan bagi perusahaan. Oleh karena itu diperlukan analisis risiko kegagalan untuk mengidentifikasi, mengontrol dan meminimalkan dampak dari kegagalan tersebut.

Kata kunci:

Manajemen risiko, Analisis risiko, FMEA, FTA

## ABSTRACT

Name : Neni Yanti Nadeak  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : Maintenance and Operation Failure Risk Analysis at Gas Turbine System PLTGU With FMEA and FTA Method.

Operation and maintenance are important activities in company. For power plant company, both activities are very important because to give an safe, enough, and trustable electrical supply for the customer, the operation and maintenance must be maximum. PT X is a company that supply electrical for java and bali. Failure that happens in operation and maintenance system can cause a safety and health risk and lost electrical supply for the customer that effect company profits. That's why risk analysis was needed to identify, control, and to reduce the cost of failure.

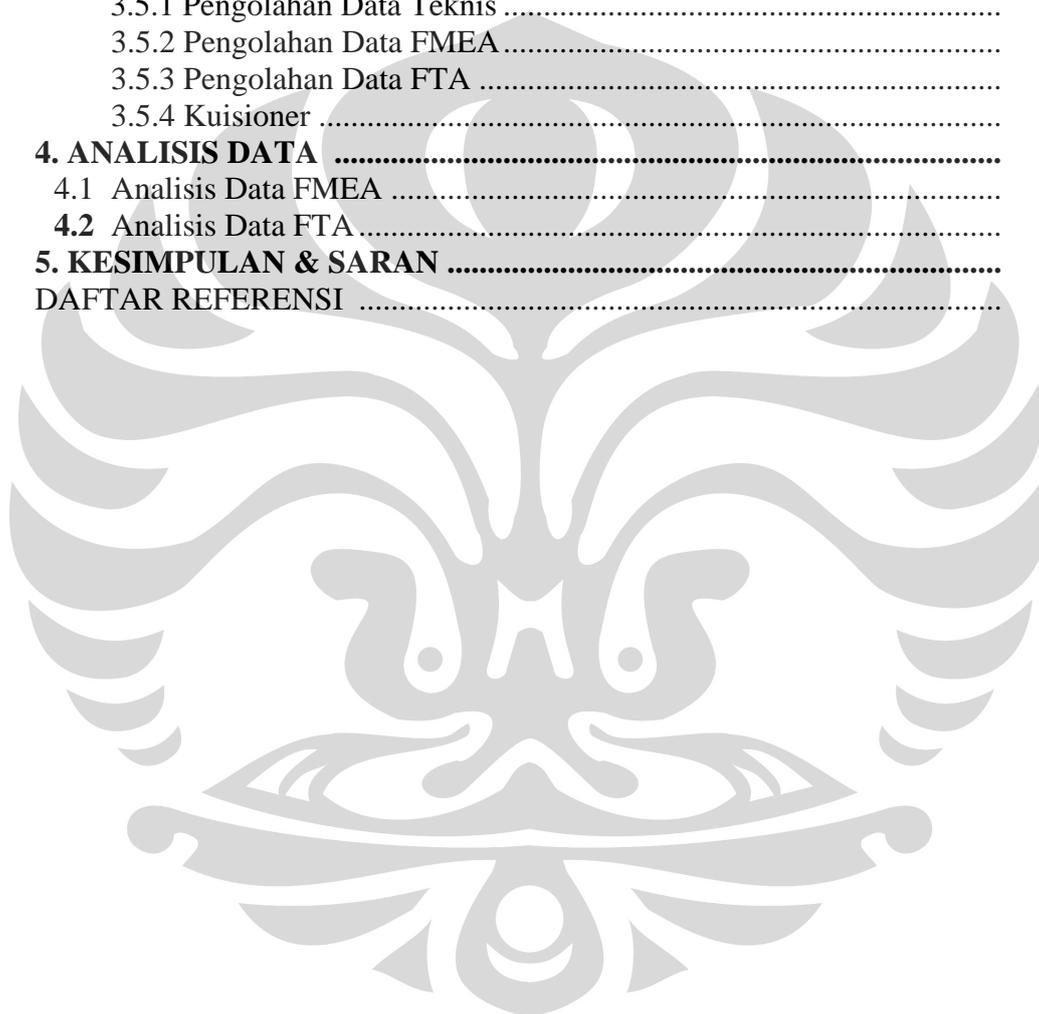
Key Words :

Risk management, Risk analysis, FMEA, FTA

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah .....	2
1.3 Perumusan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup Permasalahan .....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
<b>2. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>8</b>
2.1 Risiko.....	8
2.1.1 Definisi Risiko.....	8
2.1.2 Klasifikasi Risiko .....	11
2.2 Manajemen Risiko.....	13
2.2.1 Definisi Manajemen Risiko .....	13
2.2.2 Tahapan Manajemen Risiko .....	13
2.2.2.1 Perencanaan Risiko Manajemen.....	14
2.2.2.2 Identifikasi Risiko .....	14
2.2.2.3 Analisis Risiko.....	16
2.2.2.4 Evaluasi dan Pengelolaan Risiko.....	16
2.3 FMEA .....	17
2.3.1 Sejarah FMEA .....	17
2.3.2 Definisi FMEA .....	17
2.3.3 Jenis FMEA .....	19
2.3.3.1 Sistem FMEA .....	19
2.3.3.2 Desain FMEA.....	19
2.3.3.3 Proses FMEA.....	20
2.3.3.4 Service FMEA .....	20
2.3.4 Prosedur FMEA.....	20
2.3.1 Hasil Keluaran FMEA .....	26
2.4 FTA.....	28

2.4.1 Sejarah dan Definisi FTA .....	28
2.4.2 Prosedur FTA .....	29
2.4.3 Analisa Kualitatif FTA .....	31
2.4.3 Analisa Kuantitatif FTA .....	31
<b>3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>33</b>
3.1 Profil Perusahaan .....	33
3.2 Profil UBP Priok.....	34
3.3 Proses Produksi Listrik PLTGU .....	38
3.4 Pengenalan Sistem Turbin Gas .....	39
3.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	44
3.5.1 Pengolahan Data Teknis .....	45
3.5.2 Pengolahan Data FMEA.....	47
3.5.3 Pengolahan Data FTA .....	55
3.5.4 Kuisisioner .....	55
<b>4. ANALISIS DATA .....</b>	<b>56</b>
4.1 Analisis Data FMEA .....	56
4.2 Analisis Data FTA .....	58
<b>5. KESIMPULAN &amp; SARAN .....</b>	<b>68</b>
DAFTAR REFERENSI .....	70



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Contoh Form FMEA .....	26
Tabel 2.2 Simbol yang Digunakan Dalam FTA.....	29
Tabel 2.3 Keuntungan dan Kerugian FTA .....	30
Tabel 3.1 Rekapitulasi Data Teknis Kegagalan Alat Sistem Turbin Gas PLTGU tahun 2006 dan 2007 .....	46
Tabel 3.2 Daftar Anggota Tim Brainstorming/Responden Kuisisioner .....	48
Tabel 3.3 Form FMEA Sistem Turbin Gas PLTGU .....	49
Tabel 3.4 Rating Keseriusan ( <i>Severity</i> ).....	51
Tabel 3.5 Rating Frekuensi Kejadian ( <i>Occurrence</i> ) .....	53
Tabel 3.6 Rating Deteksi .....	54
Tabel 4.1 Daftar Risiko Kegagalan dengan Nilai RPN Tertinggi.....	57
Tabel 4.2 Tindakan Rekomendasi 6 Risiko Kegagalan RPN Tertinggi.....	58
Tabel 4.3 Daftar Minimal Cut Sets 6 Risiko Kegagalan dengan Nilai RPN Tertinggi .....	65



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah .....	2
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	5
Gambar 2.1 Kurva Risiko.....	9
Gambar 3.1 Chart Organisasi Pemeliharaan di PT X.....	37
Gambar 3.2 Flow Diagram Proses Produksi Listrik PLTGU.....	38
Gambar 3.3 Sistem Turbin Gas .....	39
Gambar 3.4 Diagram CFME Sistem Turbin Gas PLTGU .....	50
Gambar 4.1 Logic Expression Second Stage Turbin Failure .....	59
Gambar 4.2 Logic Expression First Stage Nozzle Failure .....	60
Gambar 4.3 Logic Expression Turbine Rotor Case Failure .....	61
Gambar 4.4 Logic Expression Combustion Chamber Failure .....	62
Gambar 4.5 Logic Expression Fuel Nozzle Failure .....	63
Gambar 4.6 Logic Expression Kebocoran HRSG.....	64

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Operasi dan pemeliharaan merupakan dua aktifitas penting dalam kegiatan perusahaan. Bagi perusahaan pembangkit listrik melakukan kedua aktifitas tersebut sangatlah penting karena untuk dapat memberikan suplai listrik yang aman, cukup dan dapat dipercaya bagi konsumen, perusahaan pembangkit haruslah melakukan pemeliharaan serta operasi<sup>1</sup>. Kedua aktifitas tersebut tidak dapat dipisahkan karena merupakan suatu kesatuan yang utuh, apabila pelaksanaan operasi tanpa melakukan pemeliharaan maka dapat dipastikan operasi tidak dapat berjalan dengan lancar begitu juga sebaliknya.

Kegiatan operasi dan pemeliharaan pembangkit listrik terkadang dipengaruhi oleh faktor eksternal yang tidak terduga, seperti: cuaca buruk, kondisi lapangan, dan kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Akibat ketidak efektifannya sistem pemeliharaan menimbulkan risiko keselamatan dan kesehatan yang terganggu dan hilangnya suplai listrik bagi sebagian besar konsumen yang mengakibatkan hilangnya sejumlah keuntungan bagi perusahaan. Di Indonesia sendiri terjadi fase “krisis energi”, dimana sejumlah konsumen harus kehilangan suplai listrik pada beberapa waktu tertentu baik masyarakat umum maupun industri, hal ini tidak hanya berdampak terganggunya kegiatan beraktifitas tetapi juga menimbulkan kehilangan keuntungan bagi industri dan kehilangan keuntungan bagi perusahaan pembangkit listrik itu sendiri.

PT X adalah anak perusahaan dari PLN yang menjalankan usaha komersial pada bidang pembangkit tenaga listrik, dengan bisnis utama di Jawa dan Bali. Saat ini PT. X merupakan perusahaan pembangkitan listrik dengan daya mampu terbesar di Indonesia<sup>2</sup>. PT. X mengelola 8 Unit Bisnis Pembangkitan: Priok,

---

<sup>1</sup> V.M. Rao Tummala and C.L. Mak, “A Risk Management Model for Improving Operation and Maintenance Activities in Electricity Transmission Networks, Palgrave Macmillan Journal, 2001.

<sup>2</sup> <http://www.suralaya.com>



### 1.3 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang dan diagram keterkaitan masalah (Gambar 1.1), pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah adanya risiko dan permasalahan dan kegagalan pemeliharaan dan operasi pembangkit PT X.

### 1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari risiko-risiko kegagalan yang terdapat pada *operation & maintenance* sistem turbin gas PLTGU (pembangkit tenaga listrik gas dan uap) PT. X dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode & Effect Analysis*) dan FTA (*Fault Tree Analysis*) serta menentukan usulan langkah penanganan risiko yang kritikal.

### 1.5 RUANG LINGKUP PERMASALAHAN

Ruang lingkup yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Analisis risiko dilakukan dalam ruang lingkup pelaksanaan pemeliharaan dan operasi pembangkit di PT X, dimana kegiatan pemeliharaan ini didefinisikan sebagai seluruh aktivitas yang dilakukan mulai dari *preventive maintenance* dan *breakdown maintenance*.
- Responden yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah karyawan dalam divisi *maintenance* di PT X.
- Metode yang digunakan untuk melakukan analisis risiko pemeliharaan dan operasi pembangkit tersebut adalah *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

## 1.6 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang menggambarkan langkah-langkah penulis untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menentukan topik penelitian.

Penulis berdiskusi dan berkonsultasi dengan pembimbing mengenai topik penelitian yang dianggap cocok dengan keadaan perusahaan. Hasil dari tahap ini penulis memutuskan untuk membahas topik tentang analisis risiko pemeliharaan dan operasi pembangkit dengan mengambil studi kasus pada PT X. Setelah menentukan topik penelitian, penulis juga menentukan tujuan dari penelitian ini.

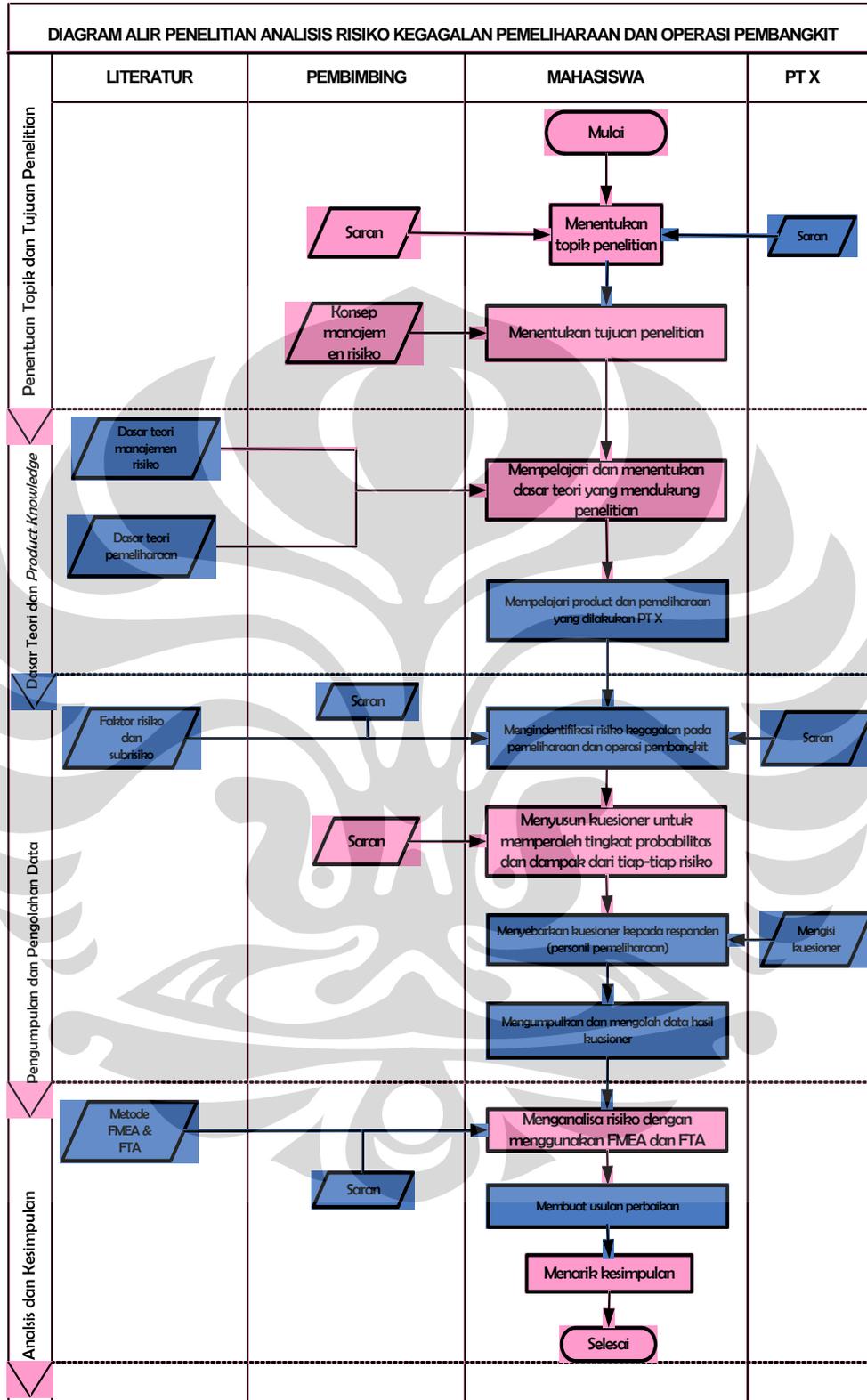
2. Mempelajari dan menentukan dasar teori serta metode yang mendukung penelitian.

Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah dasar teori mengenai manajemen risiko dan dasar teori manajemen pemeliharaan. Sumber-sumber yang digunakan diperoleh dari internet, buku teks, buku elektronik, laporan penelitian, serta artikel-artikel yang dimuat dalam jurnal.

3. Mengumpulkan data-data pendukung awal penelitian seperti profil perusahaan, produk atau jasa yang ditawarkan, penulis juga mempelajari pemeliharaan yang dilakukan oleh PT X termasuk didalamnya adalah jenis pemeliharaan yang dilakukan, personil yang terlibat, peralatan serta teknologi yang digunakan dalam proses pemeliharaan, dan waktu pelaksanaan pemeliharaan.

4. Melaksanakan tahap pengumpulan data identifikasi potensi kegagalan perawatan dan operasional pembangkit listrik di PT X.

Untuk mempermudah pemahaman metodologi tersebut, penulis meng gambarkannya dalam sebuah diagram alir berikut ini :



Gambar 1.2 Diagram alir metodologi penelitian

## 1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan standar baku penulisan skripsi yang telah ditetapkan. Penulisan penelitian ini terbagi atas lima bab, yaitu pendahuluan, landasan teori, pengumpulan dan pengolahan data, analisis, dan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

Pada Bab 1 yang merupakan bagian pendahuluan laporan penelitian ini, berisi mengenai gambaran umum penelitian. Di dalam bab ini dipaparkan mengenai latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan permasalahan, perumusan permasalahan, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

Penelitian ini pun didukung oleh landasan teori yang dijelaskan dalam bab 2, yang berisi landasan teori mengenai penelitian risiko, manajemen pemeliharaan dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) serta *Fault Tree Analysis* (FTA). Bab ini bertujuan memberikan landasan teori bagi pembaca mengenai penilaian risiko dan penggunaan FMEA & FTA sebagai alat dalam melakukan penilaian risiko tersebut. Selain itu, pada bab ini juga akan diuraikan mengenai beberapa metode penilaian risiko yang lain, kelebihan dan kekurangan masing-masing metode.

Bab pengumpulan & pengolahan data, akan membahas data yang dibutuhkan dalam penelitian serta sumber-sumber dan cara untuk mendapatkan dan mengolahnya. Proses pembuatan kuesioner dan penyebarannya termasuk didalamnya.

Bab empat merupakan bab pengolahan data dan analisa, yang berisi mengenai pengolahan data yang dilakukan beserta hasilnya dengan metode FMEA & FTA, serta analisa perbaikan dalam operasi pemeliharaan dan operasi pembangkit.

Setelah melakukan analisis, pembaca dapat mengetahui hasil penelitian dan saran yang digunakan untuk perbaikan, baik saran yang berhubungan dengan manajemen risiko *maintenance* PT X ataupun saran perbaikan pada penelitian dalam bab kesimpulan.

Selain bab-bab yang diuraikan di atas, terdapat pula daftar tabel, daftar gambar, dan daftar pustaka yang berisi daftar literatur yang digunakan dalam membuat penelitian ini serta lampiran data yang mendukung penelitian.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. RISIKO

##### 2.1.1. Definisi Risiko

Risiko dapat diartikan sebagai kemungkinan untuk mengalami kerugian, risiko adalah seseorang atau sesuatu yang menimbulkan atau mengesankan bahaya<sup>1</sup>. Lowrence mendefinisikan risiko sebagai probabilitas dan dampak dari kejadian yang merugikan.

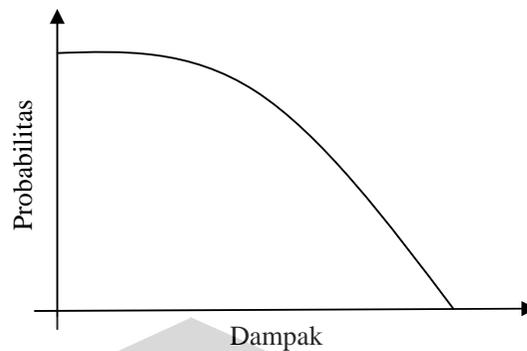
Definisi lain risiko adalah dampak negatif dari aktifitas yang rentan, dengan mempertimbangkan probabilitas dan dampak dari kemunculan risiko tersebut<sup>2</sup>. Berdasarkan definisi yang tercantum dalam AS/NZ 4360:2004, risiko dapat diartikan sebagai kemungkinan terjadinya suatu kejadian yang mempunyai dampak pada sasaran atau tujuan. Kaplan dan Garrick (kaplan dan Garrick, 1981) mendefinisikan risiko sebagai sekumpulan skenario  $s_i$ , yang masing-masing mempunyai probabilitas  $p_i$  dan konsekuensi  $x_i$ <sup>3</sup>. Skenario-skenario tersebut jika disusun ke dalam urutan meningkatnya keparahan dari konsekuensi dibandingkan dengan probabilitasnya maka akan terbentuk suatu kurva risiko. Kurva yang terbentuk tersebut dapat diartikan dengan semakin tinggi dampak yang diakibatkan oleh suatu risiko maka probabilitas kemunculannya akan semakin rendah. Sebaliknya risiko yang probabilitasnya semakin tinggi, maka semakin kecil dampak yang diakibatkan oleh risiko tersebut.

---

<sup>1</sup> S. Regan, *Risk Management Implementation and Analysis*, dalam AACE International Transactions, 2003, hal 10.

<sup>2</sup> G. Stoneburner, A. Goguen, A. Feringa, *Risk Management Guide for Information Technology System*, dalam Recommendations of The National Institute of Standards and Technology, National Institute of Standards and Technology, U. S Government Printing Office, Washington, 2001, hal 1.

<sup>3</sup> T. Bedford dan R. Cooke, *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methodes*, Cambridge University Press, United Kingdom, 2003, hal 10.



**Gambar 2.1** Kurva Risiko

Dalam mendefinisikan risiko ada 2 komponen yang harus diperhatikan yaitu:

- **Likelihood**

*Likelihood* atau probabilitas adalah kemungkinan terjadinya *hazard event*. *Hazard* itu sendiri dapat didefinisikan sebagai sumber potensial terjadinya *accident*. Jika dalam pendefinisian risiko menggunakan sudut pandang *likelihood*, maka risiko dengan nilai probabilitas mendekati 1 (mengingat nilai probabilitas antara 0 dan 1) dikatakan sebagai risiko dengan kategori tinggi.

- **Impact**

*Impact* atau yang disebut juga sebagai konsekuensi adalah hasil dari terjadinya *hazard event*, yang mencakup kerusakan, kehilangan, kerugian atau luka pada seseorang. Jika dalam pendefinisian risiko menggunakan sudut pandang *impact*, maka risiko yang menghasilkan *impact* terbesar dapat dikatakan sebagai risiko dengan kategori tinggi.

Namun konsep yang terakhir, yaitu sejarah masa lalu seringkali tidak dimasukkan ke dalam pertimbangan dalam mengidentifikasi risiko bagi sebuah organisasi. Bahkan banyak penelitian hanya memberi perhatian khusus pada pertimbangan mengenai peristiwa yang akan terjadi di masa mendatang. Hal ini mengakibatkan sistem manajemen risiko menjadi tidak lengkap. Pertimbangan tentang masa lalu tidak dapat diabaikan. Masa lalu telah terjadi dan tidak dapat diubah lagi, namun peristiwa yang terjadi di masa lalu mungkin saja terulang kembali.

Menurut pengamatan Perry & Hayes<sup>4</sup>, konsep dasar risiko adalah sebagai berikut :

- Risiko dan ketidakpastian selalu mempunyai hubungan dengan peristiwa atau kegiatan tertentu yang dapat diidentifikasi secara individu.
- Suatu risiko yang terjadi menandakan adanya suatu akibat yang memiliki probabilitas kejadian tertentu.
- Banyak risiko yang umum terjadi dalam konstruksi memberikan kemungkinan berupa kerugian atau keuntungan; contohnya produktifitas tenaga kerja dan pabrik, penyimpangan dan inflasi. Hal-hal tersebut merupakan risiko dengan probabilitas rendah dengan kemungkinan dampak yang rendah atau tinggi.

Risiko adalah kerusakan atau kerugian potensial di masa depan yang dapat muncul dari beberapa aktivitas yang dilakukan pada saat ini. Kejadian merugikan yang terjadi di masa yang akan datang tidak dapat dipastikan 100%, namun tetap dapat diprediksi berdasarkan probabilitas kemunculannya di masa lalu. Ada dua tipe dasar risiko yang dapat membahayakan sebuah proyek: risiko teknis dan risiko programatis<sup>5</sup>. Risiko teknik merujuk pada risiko sebuah proyek akan gagal untuk memenuhi kriteria kinerjanya. Hal ini meliputi munculnya kegagalan *software* ataupun *hardware*. Sedangkan risiko programatis mempunyai dua subkomponen, yaitu kelebihan biaya; proyek melebihi dana yang tersedia atau biaya operasinya, dan keterlambatan dalam jadwal.

---

<sup>4</sup> Institution of Engineers, *Project Management: from Conceptual until Solving Problem*, Engineering Education Australia, 1999, hal 4.

<sup>5</sup> M. Penncock dan Y. Haimes, *Principles and Guidelines for Project Risk Management*, dalam System Engineering, Wiley Periodicals Inc., vol. 5, No. 2, 2002, hal. 90.

### 2.1.2. Klasifikasi Risiko

Berdasarkan sumbernya, risiko dapat diklasifikasikan sebagai berikut<sup>6</sup>:

- *Pure* atau *insurable risk*  
*Pure risk* ditujukan pada kemungkinan terjadinya luka atau kerugian. Risiko ini terfokus pada kejadian buruk yang terjadi. Biasanya seseorang akan menggunakan jasa asuransi untuk melindungi dirinya dari kerusakan atau kerugian yang akan terjadi.
- *Business risk*  
*Business risk* menunjukkan bahwa kemungkinan untuk memperoleh keuntungan sama dengan kemungkinan terjadinya kerugian. Oleh karena itu, seorang pengusaha harus senantiasa memperhatikan setiap risiko yang akan dihadapi dari suatu bisnis. Yang perlu diingat, semakin besar risiko maka semakin besar pula prospek untuk mendapat keuntungan.
- *Project risk*  
 Suatu proyek bisaanya berkaitan erat dengan risiko. Risiko yang terjadi dalam suatu proyek berhubungan dengan estimasi, baik estimasi terhadap waktu atau pun biaya proyek. Risiko yang mungkin terjadi dalam proyek misalnya saja waktu pengerjaan proyek mengalami keterlambatan dari yang seharusnya, atau bisa juga biaya proyek melebihi dana yang telah dianggarkan.
- *Operational risk*  
 Definisi risiko operasional adalah risiko kerugian yang berasal dari ketidakcukupan atau kegagalan proses internal, orang, dan sistem, atau dari peristiwa-peristiwa eksternal (*Bassel Committe on Banking Supervision*, 2001). Risiko operasional juga dapat dikatakan sebagai risiko yang berhubungan dengan kegiatan-kegiatan untuk menjalankan suatu bisnis. Risiko operasional dibagi kedalam dua komponen, yaitu risiko kegagalan operasional dan risiko strategi operasional. Risiko kegagalan operasional berasal dari potensi terjadinya kegagalan di dalam

---

<sup>6</sup> J. Davidson Frame, “*Managing Risk in Organizations: A Guide for Manager*”, San Fransisco, 2003, hal 9

menjalankan bisnis. Manusia, proses, dan teknologi adalah beberapa alat perusahaan untuk mencapai tujuannya, dan salah satu atau beberapa faktor tersebut dapat mengalami kegagalan yang beraneka ragam. Oleh karena itu risiko kegagalan operasional dapat didefinisikan sebagai risiko yang muncul karena terdapat kegagalan manusia, kegagalan proses atau kegagalan teknologi dalam suatu unit bisnis. Risiko kegagalan operasional sulit untuk diantisipasi karena ketidakpastiannya. Risiko strategi operasional muncul dari faktor lingkungan seperti masuknya pesaing baru yang mengubah paradigma bisnis, perubahan kebijakan, tsunami, dan faktor lainnya yang sejenis yang berada di luar kontrol perusahaan.

- *Technical risk*

Biasanya ketika pertama kali, orang menetapkan sesuatu menjadi risiko atau tidak yaitu saat jadwal, *budget* tidak sesuai dengan target awal. Orang jarang mempertimbangkan risiko yang disebabkan karena masalah teknis. Padahal risiko ini seharusnya juga harus diperhitungkan terutama untuk proyek yang mengedepankan teknologi.

- *Political risk*

*Political risk* menunjukkan situasi yang terjadi saat pembuatan keputusan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor politik. Misalnya saja dalam melakukan investasi pembangunan pabrik, pengusaha harus menyesuaikan perencanaan investasi tersebut dengan kebijakan-kebijakan dari pemerintah setempat.

## 2.2 MANAJEMEN RISIKO

### 2.2.1 Definisi Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah proses untuk mengidentifikasi risiko, penilaian risiko, dan pengambilan langkah-langkah untuk mengurangi risiko sehingga berada pada tingkat yang dapat diterima. Kegiatan manajemen risiko termasuk memperbesar probabilitas dan dampak dari peristiwa-peristiwa positif dan meminimalisasi probabilitas dan dampak dari peristiwa-peristiwa yang tidak diinginkan pada tujuan proyek. Manajemen risiko berdasarkan Australian/New Zealand Risk Management Standard (AS/NZS 4360:2004) merupakan suatu budaya, proses-proses dan struktur yang diarahkan menuju manajemen efektif dari peluang-peluang potensial dan efek-efek yang tidak diharapkan. Manajemen risiko merupakan proses yang berkesinambungan yang secara langsung bergantung pada perubahan lingkungan eksternal dan internal dari sebuah organisasi<sup>7</sup>.

### 2.2.2 Tahapan Manajemen Risiko

Pendekatan-pendekatan yang dilakukan dalam melaksanakan manajemen risiko di suatu organisasi dapat berbeda-beda sesuai dengan karakter dan *risk appetite* yang terdapat di tiap organisasi. *Risk appetite* adalah kecenderungan suatu organisasi dalam menghadapi dan menilai suatu risiko. Tingkah laku yang ditunjukkan suatu organisasi terhadap suatu risiko berbeda-beda. Mungkin bagi organisasi yang bergerak dibidang jasa, risiko tercemarnya nama baik akan dinilai mempunyai dampak yang lebih tinggi daripada risiko keselamatan kerja karyawannya. Namun di organisasi yang bergerak di bidang pertambangan misalnya, topik yang berkaitan dengan keselamatan kerja karyawan adalah risiko yang mempunyai dampak tinggi.

---

<sup>7</sup> L. Tchankova, *Risk Identification – Basic Stage in Risk Management*, dalam *Environmental Management and Health*, Emerald, Vol. 13, No. 3, 2002, hal. 290.

Terdapat 6 proses utama dalam proyek manajemen risiko yang diidentifikasi oleh Project Management Body of Knowledge (PMBOK), 6 proses tersebut adalah :

1. Perencanaan risiko manajemen
2. Identifikasi risiko
3. Analisis risiko secara kualitatif
4. Analisis risiko secara kuantitatif
5. Perencanaan respon terhadap risiko
6. Kontrol dan pengawasan terhadap risiko

#### **2.2.2.1 Perencanaan Risiko Manajemen**

Pemahaman latar belakang organisasi dan berbagai risiko-risiko yang akan dihadapi, ruang lingkup aktivitas manajemen risiko dan pengembangan struktur bagi pelaksanaan aktivitas manajemen risiko merupakan tahap paling awal yang dilakukan dalam penerapan manajemen risiko. Pendokumentasian identifikasi yang dilakukan pada tahap ini menurut AS/NZS 4360:2004 adalah :

- Ruang lingkup aktivitas manajemen risiko yang akan dilakukan beserta hasil yang diharapkan
- Tujuan atau sasaran organisasi berikut ukuran tingkat kesuksesannya.
- Faktor-faktor penting yang berhubungan dengan lingkungan internal dan eksternal.
- Stakeholder yang relevan
- Kriteria evaluasi risiko-risiko pokok.

#### **2.2.2.2 Identifikasi Risiko**

Langkah dasar dalam menerapkan manajemen risiko adalah dengan melakukan identifikasi risiko yang terdapat dalam suatu unit bisnis. Identifikasi risiko melibatkan penentuan risiko-risiko yang mungkin mempengaruhi proyek selama siklus hidupnya dan dokumentasi dari sifat dan karakteristik risiko-risiko tersebut.

Kegiatan mengidentifikasi risiko membutuhkan klarifikasi yang dapat mencakup semua jenis risiko secara detail. Oleh karena itu sumber-sumber risiko dapat dikelompokkan berdasarkan pada lingkungan asalnya, salah satunya adalah lingkungan operasional. Aktivitas operasional dalam organisasi menimbulkan risiko dan ketidakpastian. Contohnya, kondisi kerja yang tidak menyenangkan dapat mengancam kesehatan fisik dan mental para pekerja, prosedur formal untuk mempekerjakan karyawan baru dapat menimbulkan masalah hukum, proses manufaktur dapat merusak lingkungan, dan lain sebagainya.

Proses kunci pada tahap identifikasi risiko berdasarkan AS/NZS 4360:2004 adalah sebagai berikut :

- Menentukan sumber risiko atau bahaya
- Menentukan kejadian atau insiden
- Menentukan dampak/konsekuensi
- Menentukan penyebab (apa dan mengapa)
- Menentukan pengendalian dan batasan keefektifannya
- Menentukan kapan dan dimana risiko dapat terjadi

Teknik-teknik yang dapat digunakan untuk menilai maupun mengidentifikasi risiko antara lain:

- Kuisisioner

Informasi yang relevan dapat dikumpulkan melalui pembuatan kuisisioner yang berfokus pada masalah atau lingkup manajemen risiko yang akan dianalisa. Kuisisioner tersebut harus disebarakan pada manajemen atau pihak-pihak yang sesuai dan dapat memberikan penilaian terhadap risiko-risiko yang ada.

- Wawancara lapangan

Wawancara lapangan dengan pihak-pihak yang berkepentingan dengan manajemen risiko atau mempunyai pengetahuan tentang risiko-risiko yang sedang dihadapi dapat menjadi sumber informasi yang berguna.

- **Peninjauan dokumen**

Dokumentasi kebijakan, sistem, data historis dan lain sebagainya dapat menyediakan informasi-informasi yang diperlukan dalam mengidentifikasi atau menilai suatu risiko.

### **2.2.2.3 Analisis Risiko**

Setelah risiko-risiko kritis dapat diidentifikasi, analisa yang lebih dalam diperlukan untuk mengelola risiko-risiko tersebut dengan baik. Analisis risiko adalah fase ketika tiap risiko yang telah teridentifikasi dievaluasi, dapat dilakukan dengan menilai atau mengukur dua kuantitas risiko yaitu besarnya potensi kerugian dan probabilitas munculnya kerugian tersebut. Untuk menghindari atau mengurangi kesalahan pada penilaian risiko, maka tiap-tiap level dampak dan probabilitas harus dapat didefinisikan dengan jelas dan dikonversikan ke dalam angka-angka tertentu.

### **2.2.2.4 Evaluasi dan Pengelolaan Risiko**

Tujuan dilakukannya evaluasi risiko adalah untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan, berdasarkan hasil dari proses analisis risiko, mengenai risiko mana yang membutuhkan penanganan berdasarkan prioritasnya.

Dengan menggunakan informasi-informasi yang terkumpul selama fase identifikasi risiko, analisis risiko maupun evaluasi risiko dibuatlah keputusan mengenai bagaimana meningkatkan ketahanannya terhadap risiko atau dengan kata lain menentukan cara-cara yang dapat dilakukan untuk mengelola risiko tersebut.

## 2.3 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

### 2.3.1 Sejarah FMEA

Pada tahun 1950-an produk-produk yang dihasilkan semakin berkembang secara kompleks. Dirgantara di Amerika semakin berpacu sejak tahun 1960-an serta tim dan para insiyur mencoba meluncurkan roket dan kapsul yang lebih kompleks yang berisikan manusia sehingga para insiyur tersebut dituntut untuk mengadopsi pendekatan yang lebih disiplin dalam menganalisa kemungkinan terjadinya kesalahan dan kegagalan yang potensial.

FMEA pertama kali diterapkan oleh industri pesawat terbang pada pertengahan tahun 1960-an, khususnya untuk menekuni permasalahan pokok dalam bidang keamanan penerbangan. Pada mulanya industri *automotive* mengadaptasi teknik FMEA untuk membangun perbaikan keamanan (*safety*), untuk digunakan sebagai alat perbaikan kualitas. Dan pada tahun 1972 *Ford Motor Company* merupakan perusahaan besar pertama yang mengadopsi FMEA dan mengembangkannya untuk meningkatkan keselamatan dan dipergunakan sebagai perangkat untuk peningkatan mutu.

### 2.3.2 Definisi FMEA

FMEA merupakan suatu metode penelitian risiko yang dikembangkan oleh NASA (*National Aeronautic Space Exploration*). FMEA adalah sebuah metode evaluasi kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari sebuah sistem, desain, proses atau servis untuk dibuat langkah penanganannya. Dalam FMEA, setiap kemungkinan kegagalan yang terjadi dikuantifikasi untuk dibuat prioritas penanganan. Kuantifikasi penentuan prioritas dilakukan berdasarkan hasil perkalian antara rating frekuensi, tingkat kerusakan, dan tingkat deteksi dari risiko. Dengan pengetahuan prioritas risiko, maka control yang dibuat adalah berdasarkan proses yang paling berisiko.

Dalam melakukan analisis FMEA beberapa hal harus diperhatikan, yaitu:

- Bahwa setiap permasalahan berbeda dengan yang lainnya  
Tidak semua permasalahan mempunyai tingkat kepentingan yang sama. Tanpa melakukan prioritas permasalahan yang mungkin terjadi, perusahaan sering kali terjebak kepada permasalahan yang mungkin terjadi

saat ini juga tanpa melihat kepentingannya. FMEA dibuat untuk membuat prioritas dari permasalahan yang mungkin terjadi. Dengan prioritas permasalahan maka kita akan dapat lebih efektif dalam menyelesaikan permasalahan tersebut.

- **Definisikan fungsi**  
Fungsi dan tujuan dari analisis yang akan dilakukan harus terlebih dahulu ditentukan. FMEA menganalisa tiap proses dari sisi tujuan dan fungsi. Keadaan kegagalan yang dibuat adalah kegagalan jika proses tidak mencapai tujuan atau tidak berjalan sesuai dengan fungsinya. Untuk itu dibutuhkan identifikasi dari tujuan dan fungsi dari proses yang akan dianalisa.
- **Orientasinya adalah kepada pencegahan**  
Peningkatan yang berkelanjutan harus menjadi motor pelaksanaan FMEA, jika tidak maka analisis yang akan dilakukan akan statis. FMEA sebaiknya dilakukan untuk tujuan memperbaiki kinerja dan bukan karena hanya kebutuhan dokumentasi semata.

Tujuan pokok dari FMEA adalah untuk mengetahui dan mencegah terjadinya gangguan dengan mengetahui risiko yang mungkin terjadi dan membuat strategi penurunan risiko tersebut. Dalam hal pembangkit listrik, FMEA dilakukan untuk melihat risiko-risiko yang mungkin terjadi pada operasi perawatan dan operasional pembangkit. Dalam hal ini ada tiga komponen yang akan membantu dalam menentukan prioritas dari gangguan yaitu :

- **Frekuensi (*occurrence*)**  
Seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan pada operasi perawatan dan operasional pembangkit listrik terjadi.

- Tingkat Kerusakan (*severity*)  
Seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan proses dalam hal operasi perawatan dan operasional pembangkit listrik.
- Tingkat Deteksi (*detection*)  
Bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya kontrol yang mengatur jalannya proses. Semakin banyak kontrol dan prosedur yang mengatur jalannya sistem penanganan operasional perawatan dan operasi pembangkit maka diharapkan tingkat deteksi dari kegagalan dapat semakin tinggi.

### **2.3.3 Jenis FMEA**

Terdapat beberapa jenis FMEA yang diterapkan pada saat yang berbeda-beda dengan alasan yang beragam. Tidak semua tipe FMEA dapat diterapkan untuk setiap industri yang ada, walaupun industri tersebut memiliki produk yang beragam, tergantung kondisi yang dapat mendukungnya.

#### **2.3.3.1 Sistem FMEA**

Jenis ini biasanya dipergunakan pada tahap pertama kali untuk merancang suatu sistem. Sistem FMEA digunakan untuk menganalisa sistem dan subsistem yang ada pada tahap konsep dan perancangan.

Sistem FMEA memfokuskan diri pada modus kesalahan atau kegagalan yang potensial dan fungsi-fungsi suatu sistem yang disebabkan ketidakefisienan (*deficiencies*) sistem tersebut. Termasuk di dalamnya hubungan antara sistem dan elemen-elemen dan sistem tersebut. Perangkat ini sering dipergunakan untuk membantu menentukan pilihan akhir sistem yang sering dirancang dan berbagai alternatif yang disediakan.

#### **2.3.3.2 Desain FMEA**

Desain FMEA dipergunakan setelah rancangan sistem telah ditentukan. Desain FMEA akan mengarahkan modus kesalahan atau kegagalan kedalam tingkatan komponen dan digunakan untuk menganalisa produk sebelum dilakukan

proses manufaktur. Desain FMEA mempunyai titik utama pada modus kesalahan atau kegagalan yang disebabkan ketidakefisienan dalam perancangan.

#### **2.3.3.3 Proses FMEA**

FMEA jenis ini akan menguji modus kesalahan atau kegagalan dan setiap tahap dan suatu proses manufaktur maupun perakitan sebuah produk. Tipe ini tidak harus selalu menguji secara detail dan modus kesalahan atau kegagalan dan peralatan yang dipergunakan untuk proses manufaktur atau perakitan, tetapi harus memperhatikan dimana modus kesalahan atau kegagalan tersebut mempengaruhi secara langsung terhadap kualitas, kekuatan, dan produk akhir yang dihasilkan.

#### **2.3.3.4 Service FMEA**

Service FMEA dapat digunakan dalam berbagai cara. Pertama ialah untuk industri jasa intensive seperti pertambangan, dimana biaya yang tinggi untuk peralatan dan lingkungan kerja (operasi) yang keras yang membutuhkan pendekatan disiplin yang keras dan tinggi untuk *service*. Kedua ialah untuk melakukan pengujian modus kesalahan atau kegagalan dan peralatan yang dipergunakan untuk proses manufaktur dan operasi perakitan. Hal ini menyediakan suatu program pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) yang seksama, terutama dimana biaya langsung untuk perbaikan *breakdown* dapat diperkecil, tetapi biaya tak langsung yang diakibatkan berkurangnya produksi sedikit lebih tinggi.

Tipe-tipe sistem, desain, dan service FMEA ini saling berhubungan dalam dokumentasi dan dalam beberapa asumsi yang dipergunakan selama pengembangannya, walaupun demikian proses FMEA menggunakan dokumentasi dan asumsi yang berbeda dengan tipe FMEA lainnya.

#### **2.3.4 Prosedur FMEA**

Bentuk kegiatan FMEA adalah tidaklah baku. Setiap perusahaan memiliki bentuknya masing-masing untuk mencerminkan kepentingan organisasi dan permasalahan pada pelanggan. Arah nilai juga tidak bersifat universal jadi tidak ada standar yang tetap. Sistem kriteria nilai setiap perusahaan mencerminkan kepentingan organisasi, proses, produk dan kebutuhan pelanggan.

Pada umumnya, ada dua cara untuk memformulasikan panduan pengkelasan, yaitu kualitatif dan kuantitatif. Di lain pihak, nilai numeriknya bisa dari 1 sampai 5 atau 1 sampai 10, dan kisaran 1 sampai 10 lebih sering digunakan. Sebenarnya tidak ada panduan pengkelasan atau penetapan kriteria nilai tertentu dalam kegiatan FMEA.

Bentuk umum yang biasanya digunakan dalam kegiatan FMEA dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama, poin 1 sampai 9 mencerminkan pendahuluan. Tidak ada satupun dari poin tersebut yang merupakan keharusan, tetapi memang menambah informasi untuk kegiatan FMEA dan memberikan informasi yang penting yang mungkin dibutuhkan dalam latihan penyusunan FMEA.

Bagian kedua mencakup poin 10 sampai 23. Poin-poin ini merupakan hal yang penting untuk kegiatan FMEA. Urutan kolom mungkin bisa berubah, dan mungkin jumlah kolom bisa bertambah tetapi tidak ada kolom yang bisa diganti poin 10 sampai 23 bisa dipandang sebagai inti dari kegiatan proses FMEA.

Bagian ketiga, poin 24 dan 25 adalah bagian yang memberikan ciri pada proses penyelesaian form FMEA. Meskipun bukan keharusan, tapi mencerminkan kepemilikan dan pertanggungjawaban sebuah tim untuk menangani proyek penyusunan jam kerja FMEA. Poin ini bisa dianggap sebagai penutup FMEA.

Seluruh nomor di dalam kurung merupakan nomor-nomor yang ditandai untuk mendiskusikan bentuk. Berikut ini adalah urutannya :

- *Proses Identifikasi (1)*

Mengidentifikasi proses atau merancang nama atau nomor-nomor referensi atau kode proses yang sesuai.

- *Nama bagian (1A)*

Dalam hal tertentu nama atau nomor bagian diidentifikasi. Biasanya nomor bagian pelaksanaannya terakhir yang diidentifikasi.

- *Manufacturing and/or Design responsibility (2).*

Menyebutkan tanggung jawab utama untuk sebuah proses (mesin, material, dan sebagainya). Menyebutkan aktifitas yang berpengaruh pada

desain sistem, rancang bangun beserta komponennya jika ada. Ini harus digunakan untuk titik referensi silang desain dan/atau rancang bangun.

- *Tanggung jawab personal (2A).*  
Kadang-kadang perlu menyebutkan orang yang bertanggung jawab atas kegiatan FMEA.
- *Keterkaitan dengan area lain (3).*  
Mentionkan nama orang lain atau aktifitas (dalam organisasi) yang mempengaruhi atau terlihat dalam rancang bangun bagian tersebut.
- *Involvement of Suppliers or Others (4).*  
Mengidentifikasi orang lain, supplier, dan/atau hal-hal di luar organisasi yang mempengaruhi desain dari yang terlibat dalam desain bagian, manufaktur atau rancang bangun.
- *Model or Product (5).*  
Mentionkan model dan/atau produk beserta prosesnya (manufaktur dan/atau rancang bangun).
- *Engineering Release Date (6).*  
Mengidentifikasi tanggal (hari-bulan-tahun) yang sudah dijadwalkan untuk peluncuran produk.
- *Tanggal Produksi Fungsi (6A).*  
Mengidentifikasi tanggal-tanggal pada (hari-bulan-tahun), dan sebagai tinjauan bisa menggunakan tanggal untuk laporan dan sebagainya.
- *Prepared by (7).*  
Pada umumnya, nama pelaksana proses yang bertanggung jawab atas FMEA dicatat.
- *FMEA date original (8).*  
Mencatat tanggal (hari-bulan-tahun) mulai dari awal pelaksanaan kegiatan FMEA.
- *FMEA date – Revision (9).*  
Mencatat tanggal (hari-bulan-tahun) revisi terakhir.

- *Process Function (10)*  
Menjelaskan fungsi dan proses yang akan dilaksanakan, fungsi ini biasanya dilihat dari spesifikasi desain.
- *Potential Failure Mode (11).*  
Kecenderungan kegagalan potensial, tentang hilangnya fungsi proses kegagalan spesifik. Kegagalan proses terjadi jika sebuah produk tidak cukup terlindung dan resiko rugi, kegagalan untuk melaksanakan fungsinya secara aman (seperti yang didefinisikan pada spesifikasi pekerjaan), atau kegagalan untuk mengurangi konsekuensi yang tak terelakkan.
- *Potential effect of failure (12).*  
Efek potensial dari suatu kegagalan adalah konsekuensi kegagalannya untuk proses, operasi, produk, pelanggan atau aturan pemerintah di masa yang akan datang. Pertanyaan yang biasanya muncul adalah : “Apa pengalaman yang terjadi yang merupakan akibat dari kecenderungan kegagalan?”.
- *Critical Characteristics (13).*  
Berisikan karakter-karakter kritis yang biasanya berhubungan dengan desain FMEA karena perangkat keras yang dibuat telah melewati tahap desain terlebih dahulu.
- *Severity of effects (14).*  
Keseriusan adalah tingkatan yang mengindikasikan keseriusan efek kecenderungan kegagalan proses yang potensial. Keseriusan diterapkan pada efek kecenderungan kegagalan.
- *Potential cause of failure (15).*  
Penyebab kecenderungan kegagalan proses adalah defisiensi yang mengakibatkan kecenderungan kegagalan. Beberapa teknik yang bisa digunakan diantaranya adalah brainstorming, Fishbone diagram, FTA, analisa sebab akibat, analisa diagram blok dan label afinitas.

- *Occurrence (16).*

Frekuensi kejadian adalah nilai yang berkaitan dengan perkiraan frekuensi dan/atau jumlah kumulatif kegagalan yang bisa terjadi karena sebab-sebab tertentu terhadap sejumlah komponen yang diproduksi pada tingkat kontrol tertentu, (biasanya hal ini tergantung pada proses desainnya). Untuk mengidentifikasi frekuensi setiap sebab seseorang bisa menggunakan model matematis (di luar cakupan skripsi ini) atau menggunakan jumlah kumulatif dan kegagalan komponen seperti yang diterapkan pada skripsi ini.
- *Detection Method (17).*

Merupakan metode pengujian, prosedur analisa yang digunakan untuk pendeteksian suatu kegagalan, ini sangat beragam diantaranya ada yang dengan cara brainstorming, audit, metode sample secara statistik atau teknik lain yang lebih spesifik seperti finite element analisis, military standard dan lain-lain.
- *Detection (18).*

Deteksi adalah nilai yang berhubungan dengan nilai dimana pengendalian proses untuk mendeteksi akar kecenderungan kegagalan tertentu sebelum suatu komponen meninggalkan area manufaktur. Untuk mengidentifikasi nilai deteksi, seseorang harus memperkirakan kemampuan setiap kontrol yang diidentifikasi dalam poin 17 untuk mendeteksi sebelum sampai kepada pelanggan.
- *Risk Priority Number (RPN) (19).*

Angka ini merupakan hasil perkalian dan keseriusan (*severity*), frekuensi (*occurrence*), dan deteksi (*detection*). RPN membatasi prioritas kegagalan dan memberikan susunan ranking, dan nilai suatu modus kesalahan atau kegagalan yang timbul. Dalam tujuan FMEA harus selalu diketahui bahwa tujuan kegiatannya ialah penurunan nilai RPN dengan tindakan yang dilakukan.

- *Recommended Action (20).*

Tujuan rekomendasi tindakan pada FMEA adalah mengurangi tingkat keseriusan, dan nilai frekuensi yang timbul serta meningkatkan kemampuan deteksi terhadap modus kesalahan atau kegagalan.

- *Responsible Area or Person and Completion Date (21).*

Memberikan informasi orang atau bidang yang bertanggung jawab dan tanggal pencapaian target untuk tindakan yang direkomendasikan.

- *Action Taken (22).*

Hal ini merupakan tindak lanjut dan rekomendasi dan tidak berarti suatu yang telah dilaksanakan. Hal ini ditujukan untuk memberikan arahan kepada pelaksana, tindakan apa saja yang harus diambil apabila timbul suatu modus kesalahan atau kegagalan.

- *Revised RPN (23).*

Tim FMEA akan mengevaluasi atau mengkaji ulang konsekuensi tingkat keseriusan, nilai frekuensi dan deteksi yang dilakukan sebelumnya. Kemudian dilakukan perhitungan RPN baru untuk kemudian dilakukan penelitian setelah semua modus kesalahan atau kegagalan ditindaklanjuti. Sekarang kita dapat melihat perubahan bahwa modus kesalahan atau kegagalan yang saat pertama dinilai kini tidak lagi menjadi prioritas utama dan modus kesalahan atau kegagalan lainnya yang dulu lebih rendah mungkin sekarang mendapatkan prioritas utama. Hal ini merupakan tindakan yang mengarah ke perbaikan kontinyu.

- *Approval Signature (24).*

Mendefinisikan wewenang untuk mengelola FMEA. Nama dan judul tergantung pada organisasi. Nama yang khas mungkin adalah manajer pelaksana.

- *Concurrence Signatures (25).*

Mendefinisikan tanggung jawab untuk kewenangan penyempurnaan dan implementasi FMEA.

**Tabel 2.1** Contoh Form FMEA

Proses/Produk :				No FMEA :				
FMEA Tim :				Tanggal FMEA :				
Team Leader :				Page :				
Alat dan Fungsi	Mode kegagalan	Efek dari kegagalan	Severity	Penyebab kegagalan	Occurance	Kontrol yang dilakukan	Detection	RPN

Sumber : D. H. Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis* : FMEA from Theory to Execution

### 2.3.5 Hasil Keluaran FMEA

Output yang diharapkan dari FMEA adalah :

1. Daftar kegagalan pada operasional perawatan dan operasi pembangkit yang diurutkan berdasarkan RPN (*Risk Priority Number*)
2. Daftar karakteristik fungsi yang kritisal
3. Daftar rekomendasi untuk mengatasi keadaan kritisal
4. Daftar tata cara penanggulangan

Keuntungan yang diharapkan dengan menggunakan FMEA adalah :

1. Dapat mengidentifikasi prioritas dari risiko yang mungkin terjadi.
2. Dapat mengidentifikasi kekurangan pada proses dan memberikan sebuah perencanaan untuk mengatasinya.
3. Membantu dalam membuat *control plan* untuk menanggulangi risiko yang mungkin terjadi.
4. Membuat prioritas dari *corrective action*.
5. Memberikan gambaran mengenai *corrective action* yang telah dilakukan.

FMEA dapat dijalankan oleh seorang individu, namun tentunya hal itu akan menyebabkan bias karena hanya dilihat dari satu sudut pandang seseorang saja. Jadi akan lebih baik jika FMEA ini dijalankan oleh sebuah tim yang berdiskusi

mengenai FMEA ini, di mana semua anggota tim memiliki kebebasan untuk mengemukakan pendapatnya mengenai risiko yang ada.

Dapat menjalankan FMEA, biasanya juga digunakan alat-alat bantu (*tools*) lainnya untuk membantu menganalisis risiko yang ada sehingga dapat diidentifikasi akar permasalahan risiko tersebut. Tools yang sering digunakan untuk membantu analisis FMEA antara lain :

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. Kegagalan dapat diidentifikasi jika perencanaan tersebut tidak dilaksanakan.

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 juga dapat mengidentifikasi karakteristik produk/layanan yang dibutuhkan pelanggan. QFD dan FMEA memiliki banyak persamaan. Keduanya memiliki tujuan untuk continual improvement, berfokus pada pengeliminasian kegagalan, serta berpatokan pada kepuasan pelanggan.

4. *Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram)*

Diagram sebab akibat dapat digunakan dalam FMEA untuk membantu mengidentifikasi akar permasalahan. Umumnya, penggunaan diagram sebab akibat belum akan sampai pada akar permasalahan yang paling dalam. Untuk itu, dapat digunakan diagram *Cause Failure Mode Effect*

(CFMEA) yang akan membantu untuk mengidentifikasi akar permasalahan risiko yang paling dalam.

## 2.4 FTA

### 2.4.1 Sejarah dan Definisi FTA

Teknik *Fault Tree Analysis* diperkenalkan oleh Bell Telephone Laboratories pada tahun 1962, pada evaluasi *safety* sistem intercontinental Minuteman Missile. Perusahaan Boeing meningkatkan teknik ini dan memperkenalkan program komputer untuk analisa kualitatif dan kuantitatif FTA. Sekarang ini FTA banyak digunakan untuk analisis risiko dan reliabilitas.

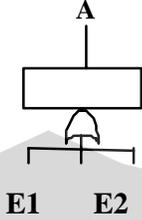
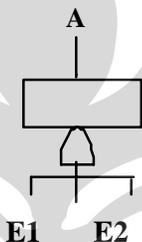
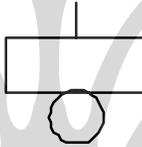
*Fault Tree Analysis* (FTA) adalah metoda untuk menganalisa sistem kegagalan dari gabungan beberapa sub-sistem dan level yang dibawahnya dan juga kegagalan komponen. *Fault tree* mengilustrasikan hubungan antara *basic event* (akar kejadian yang menyebabkan *top event* terjadi) dan *top event* (kejadian yang terjadi). Basic event bisa saja kondisi lingkungan, kesalahan SDM, spesifik kegagalan komponen. Simbol yang menghubungkan ini disebut *logic gate* (gerbang logika).

FTA itu bisa saja kualitatif, kuantitatif atau keduanya, tergantung dari objectif yang akan dianalisa. Hasil dari analisa tersebut adalah :

1. Daftar kemungkinan kegagalan yang disebabkan faktor lingkungan, kesalahan SDM, atau kegagalan komponen.
2. Probabilitas kejadian yang akan terjadi dalam waktu tertentu.

Simbol dari FTA tergantung dari standar yang diikuti. Berikut ini adalah simbol FTA yang biasa digunakan :

Tabel 2.2 Simbol yang digunakan dalam FTA

SIMBOL	DESKRIPSI
<p data-bbox="461 449 581 478">"OR" gate</p> 	<p data-bbox="1003 449 1344 541">OR gate mengindikasikan output A terjadi jika salah satu <math>E_i</math> terjadi</p>
<p data-bbox="461 701 602 730">"AND" gate</p> 	<p data-bbox="1003 716 1365 808">AND mengindikasikan event A terjadi jika semua input <math>E_i</math> terjadi secara simultan.</p>
<p data-bbox="461 989 639 1018">"BASIC" event</p> 	<p data-bbox="1003 968 1312 1060">Basic event merupakan akar kejadian yang menyebabkan kegagalan atau kesalahan</p>

#### 2.4.2 Prosedur *Fault Tree Analysis*

Berikut adalah step yang biasa dilakukan dalam FTA :

1. Definisi dari kegagalan/risiko yang terjadi.
2. Kontruksi dari *Fault Tree*.
3. Identifikasi dari *minimal cut set*
4. Analisa kualitatif
5. Analisa kuantitatif

Kritis event yang akan dianalisa biasanya disebut *Top event*. Sangat penting sekali mendefinisikan *Top Event* dengan sangat jelas tanpa definisi yang ambigu, kalau tidak analisa akan menemukan batas nilai. Deskripsi dari *Top Event* selalu menjawab dari pertanyaan apa, dimana dan kapan :

What : Deskripsi tipe kritis event yang terjadi

Where : Deskripsi dimana kritis event terjadi

When : Deskripsi kapan kritis event terjadi

**Tabel 2.3** Keuntungan dan Kerugian FTA

Keuntungan	Kerugian
Mengidentifikasi dan mencatat kegagalan secara sistematis	Adanya <i>tree</i> yang sangat besar apabila analisa dilakukan secara dalam
Sesuai dengan parallel, redundant atau alternative kegagalan	Event yang sama mungkin terjadi dalam <i>tree</i> yang berbeda, sehingga menyebabkan kebingungan.
Sesuai dengan gabungan beberapa event	Tidak merepresentasikan antara pernyataan dalam setiap <i>event</i>
Sesuai untuk sistem yang mempunyai sub sistem yang banyak	Membutuhkan <i>fault tree</i> yang berbeda dalam setiap <i>event</i>
Dapat memberikan model logika yang paling minimum	Penyebab utama yang diidentifikasi oleh <i>fault tree</i> hanya berhubungan dengan keluaran yang spesifik.
Dapat digunakan pada konversi model	Fault tree analysis tidak sesuai dengan

logika pada pengukuran probabilitas	sistem <i>repair&amp;maintenance</i> yang kompleks.
Mengidentifikasi probabilitas penyebab Top event terjadi	--
Mencari dan dapat meramalkan penyebab utama dalam event	--

### 2.4.3 Analisa Kualitatif FTA

Analisa kualitatif adalah analisa dengan melakukan pembentukan rangkaian *logic expression*. Dimana *top event* dirangkai dengan penyebabnya yaitu *basic event*. Dari rangkaian *logic expression* yang terbentuk didapatkan *minimal cut sets* sebagai output dari analisa kualitatif, minimal cut set ini memperlihatkan *basic event* apa saja yang dapat menyebabkan *top event* terjadi.

### 2.4.4 Analisa Kuantitatif FTA

Analisa kuantitatif adalah analisa probabilitas terhadap kejadian yang terjadi. Dengan *cut set* (rangkaian dari *basic event* yang menyebabkan *top event* terjadi) yang ada, maka dapat dihitung probabilitas dari top event dengan adanya probabilitas dari setiap event. Probabilitas dari setiap event bisa didapatkan dengan menggunakan data historis atau *engineering judgment* apabila tidak ada data historis.

Pada FTA, analisa kuantitatif menggunakan gabungan gerbang logika dan hukum Boolean algebra. Berikut adalah aturan probabilitas pada setiap gerbang :

- OR gate

OR gate merupakan union (gabungan) dari event. Jika event A dan B merupakan input dari output Q, maka :

$$\begin{aligned} \Pr(Q) &= \Pr(A) + \Pr(B) - \Pr(A \cap B) \\ &= \Pr(A) + \Pr(B) - \Pr(A) \Pr(B/A) \\ &= \Pr(A) + \Pr(B) - \Pr(B) \Pr(A/B) \end{aligned}$$

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam probabilitas dalam OR gate :

1. Jika A dan B adalah *independent* (berdiri sendiri) maka  $\Pr(B/A) = \Pr(B)$  dan  $\Pr(Q) = \Pr(A) + \Pr(B) - \Pr(A) \Pr(B)$ .
2. Jika B adalah *dependent* (berhubungan) dengan A, maka  $\Pr(B/A) = 1$  dan  $\Pr(Q) = \Pr(B)$

- AND gate

AND gate merupakan intersection (irisan) dari event. Jika event A dan B merupakan input dari Q, maka :

$$\begin{aligned} \Pr(Q) &= \Pr(A) \Pr(B/A) \\ &= \Pr(B) \Pr(A/B) \end{aligned}$$

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam probabilitas dalam AND gate :

1. Jika A dan B adalah *independent* maka  $\Pr(B/A) = \Pr(B)$ ,  $\Pr(A/B) = \Pr(A)$  dan  $\Pr(Q) = \Pr(A) \Pr(B)$ .
2. Jika A dan B *dependent* maka  $\Pr(B/A) = 1$  dan  $\Pr(Q) = \Pr(A)$ .

## **BAB III**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **3.1. PROFIL PERUSAHAAN**

PT. X merupakan salah satu anak perusahaan PLN (Perusahaan Listrik Negara) yang bergerak dibidang pembangkit listrik untuk daerah Jawa dan Bali, serta merupakan perusahaan yang bersifat komersil atau bisa dikatakan sebagai perusahaan yang melakukan bisnis ketenagalistrikan.

PT. X memiliki 8 (delapan) Unit Bisnis Pembangkit Listrik dan satu Unit Pemeliharaan. Unit Pembangkit Priok merupakan salah satu dari ke delapan Unit Bisnis Pembangkit yang dimiliki oleh PT. X, yang mana kedelapan Unit Bisnis Pembangkit tersebut antara lain adalah :

1. Unit Bisnis Pembangkit Suralaya
2. Unit Bisnis Pembangkit Priok
3. Unit Bisnis Pembangkit Saguluing
4. Unit Bisnis Pembangkit Kamojang
5. Unit Bisnis Pembangkit Mrica
6. Unit Bisnis Pembangkit Semarang
7. Unit Bisnis Pembangkit Perak dan Grati
8. Unit Bisnis Pembangkit Bali.

##### **3.1.1. Filosofi Perusahaan**

- Mengutamakan Pasar dan Pelanggan.
- Menciptakan keunggulan Untuk Memenangkan Persaingan.
- Memelopori Pemanfaatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- Menjungjung Tinggi Etika Bisnis.
- Memberi Penghargaan atas Prestasi

##### **3.1.2. Visi, Misi, Motto dan Paradigma Perusahaan**

**Visi** : Menjadi perusahaan publik dengan kinerja kelas dunia dan bersahabat dengan lingkungan.

**Misi** : Melakukan usaha dalam bidang ketenagalistrikan serta mengembangkan usaha-usaha lainnya yang berkaitan, berdasarkan kaidah industri dan niaga yang sehat, guna menjamin keberadaan dan pengembangan perusahaan dalam jangka panjang.

**Motto** : Bersama...kita maju !

**Paradigma** :Hari ini lebih baik dari hari kemarin, hari esok lebih baik dari hari ini.

### 3.1.3 Tujuan Perusahaan

- Menciptakan mekanisme peningkatan efisiensi yang terus menerus dalam penggunaan sumber daya perusahaan.
- Meningkatkan pertumbuhan perusahaan secara berkesinambungan dengan bertumpu pada usaha penyediaan tenaga listrik dan sarana penunjang yang berorientasi pada permintaan pasar yang berwawasan lingkungan.
- Menciptakan kemampuan dan peluang untuk memperoleh pendanaan dari berbagai sumber yang menguntungkan.
- Mengoperasikan pembangkit tenaga listrik secara kompetitif serta mencapai standar kelas dunia dalam hal keamanan, kehandalan, efisiensi maupun kelestarian lingkungan.

## 3.2 PROFIL UBP PRIOK

### 3.2.1 Sejarah Singkat UBP Priok

Pertengahan tahun 1960, dalam rangka memenuhi kebutuhan listrik di Jakarta dan Jawa Barat pada umumnya, maka PLN ekspolrasi XIII membangun PLTU 1 dan 2 dengan kapasitas 2 x 25.000 kW. Namun pada tahun 1989, dengan mempertimbangkan berbagai faktor maka PLTU 1 dan 2 tidak dioperasikan lagi.

Pesatnya pembangunan disegala bidang khususnya industri maka di tahun 1972, dibangun dua unit PLTU 3 dan 4 berkapasitas 2 x 50.000 kW. Setelah sekian lamanya dioperasikan unit ini pada kondisi *Reverse Shut Down*.

Berikutnya dibangun PLTG John Brown dengan kapasitas 20.000 kW, kini dipergunakan oleh PLTA Suralaya untuk unit *Black Start*, lalu dibangun lagi dua unit PLTG *Weesting House* dan *General Electirc (GE)* 4, 5, 6, 7. Saat ini hanya ada empat unit karena unit 6 dikontrak oleh Caltex, sedangkan unit 7 *Draw Back to GE*.

Hal penting yang harus diketahui adalah terdapatnya 2 unit PLTG yaitu, PLTG 1 dan PLTG 3 yang dapat dihidupkan tanpa menggunakan energi listrik dari luar (*Black Start*), apabila terjadi pemadaman total (*Black Out*), energi listrik yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk menghidupkan unit pembangkit lainnya, Kemampuan ini sangat menunjang dalam rangka pemulihan kembali sistem kelistrikan Jawa-Bali. Karena fungsinya sangat vital, kedua unit ini tidak dioperasikan setiap hari.

Selain tempat unit PLTG tersebut, Unit Pembangkit Priok juga mengelola enam unit PLTD Senayan kapasitasnya masing-masing sebesar 2.520 kW, beroperasi tahun 1961. PLTD unit 2 dan 6, tahun 1986 diganti dengan kapasitas yang lebih besar yaitu 2 x 3000 kW. PLTD Senayan Kebayoran melalui *feeder Vip* hingga saat ini memasok kebutuhan energi listrik kegedung MPR, Stadion Olahraga Senayan dan TVRI.

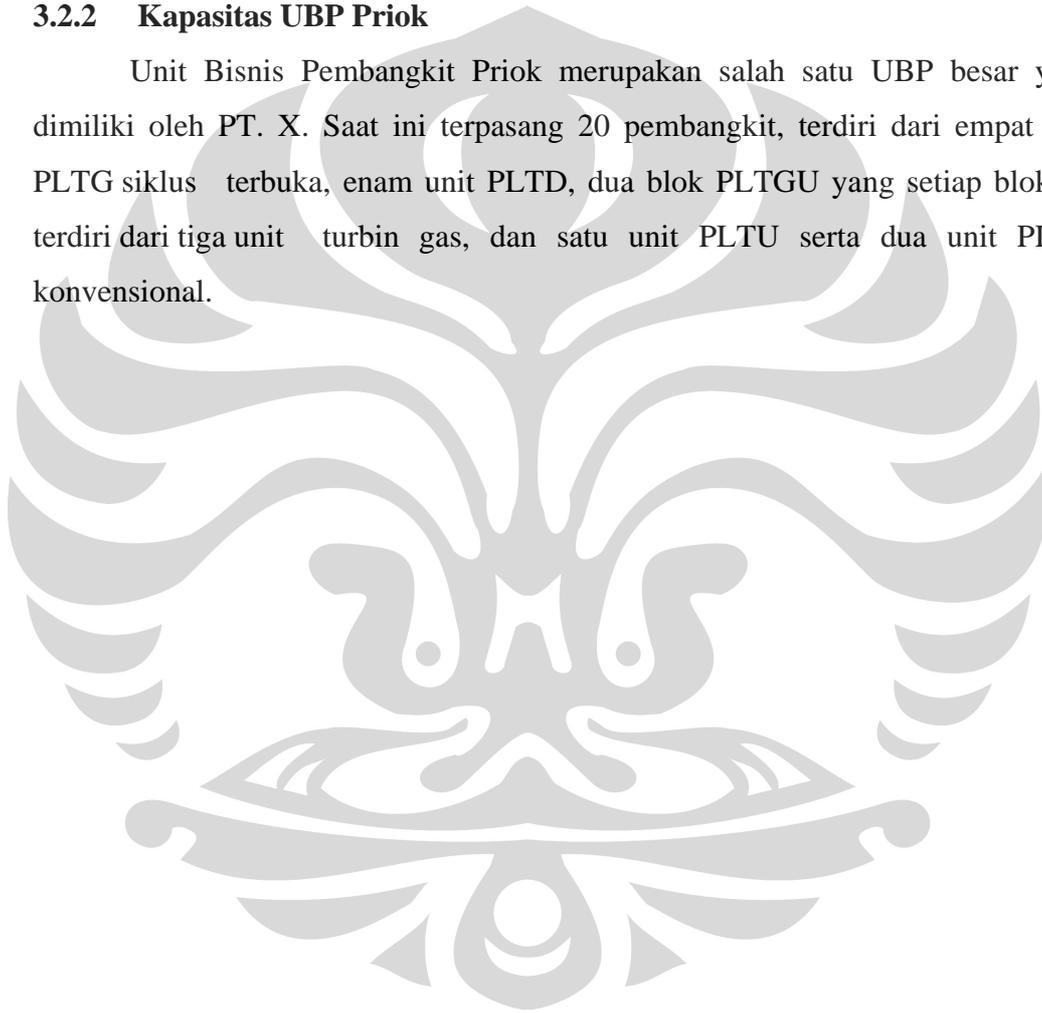
Tanggal 25 Maret 1992, menyertakan Konsorsium Internasional ABB dan Marubeni untuk membangun dua blok PLTGU dengan kapasitas 1.180 MW, dengan demikian energi listrik yang diproduksi oleh UBP Priok sekitar 7.500.000.000 kW/tahun. Setiap hari dihasilkan energi listrik sebesar 20.500.000 kW atau sekitar 11% dari keperluan energi total sistem kelistrikan Jawa-Bali. Dengan menggunakan kabel bawah tanah listrik sebesar 150 kV disalurkan ke GI Plumpang dan GI Ancol. Selain itu listrik juga dialirkan melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV ke Kemayoran I/II, Plumpang I/II, Pegangsaan I/II, serta ke daerah-daerah sekitar UBP Priok, seperti Plumpang, Ancol dan Pulo Gadung, juga pendistribusian ke daerah Jakarta bagian Barat dan Timur, dalam hal ini juga UBP Priok berada dalam jaringan Interkoneksi dengan cabang-cabang Unit Pembangkit lainnya seperti UBP Suralaya, UBP

Saguling, UBP Semarang, dan UBP lain yang merupakan Unit Bisnis Pembangkit PT. X sampai dengan UBP Bali.

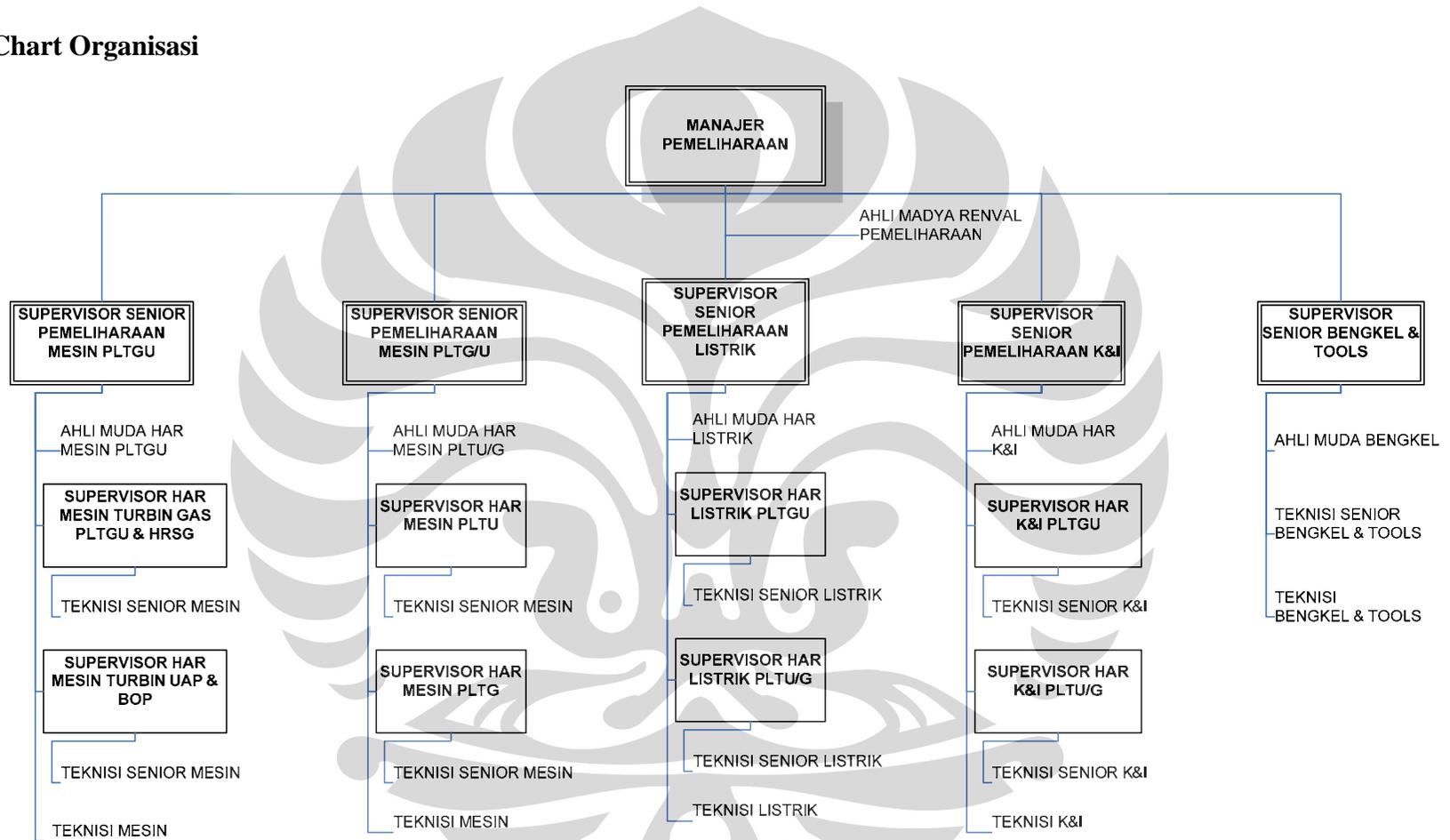
Keberhasilan PLTGU Priok meraih sertifikat ISO 9002 adalah bukti nyata kemampuan manajemen perusahaan mengembangkan usahanya secara efisien dan modern. ISO 9002 merupakan sertifikat yang diberikan lembaga Internasional kepada berbagai perusahaan di dunia yang dianggap baik pengelolaannya.

### **3.2.2 Kapasitas UBP Priok**

Unit Bisnis Pembangkit Priok merupakan salah satu UBP besar yang dimiliki oleh PT. X. Saat ini terpasang 20 pembangkit, terdiri dari empat unit PLTG siklus terbuka, enam unit PLTD, dua blok PLTGU yang setiap bloknya terdiri dari tiga unit turbin gas, dan satu unit PLTU serta dua unit PLTU konvensional.

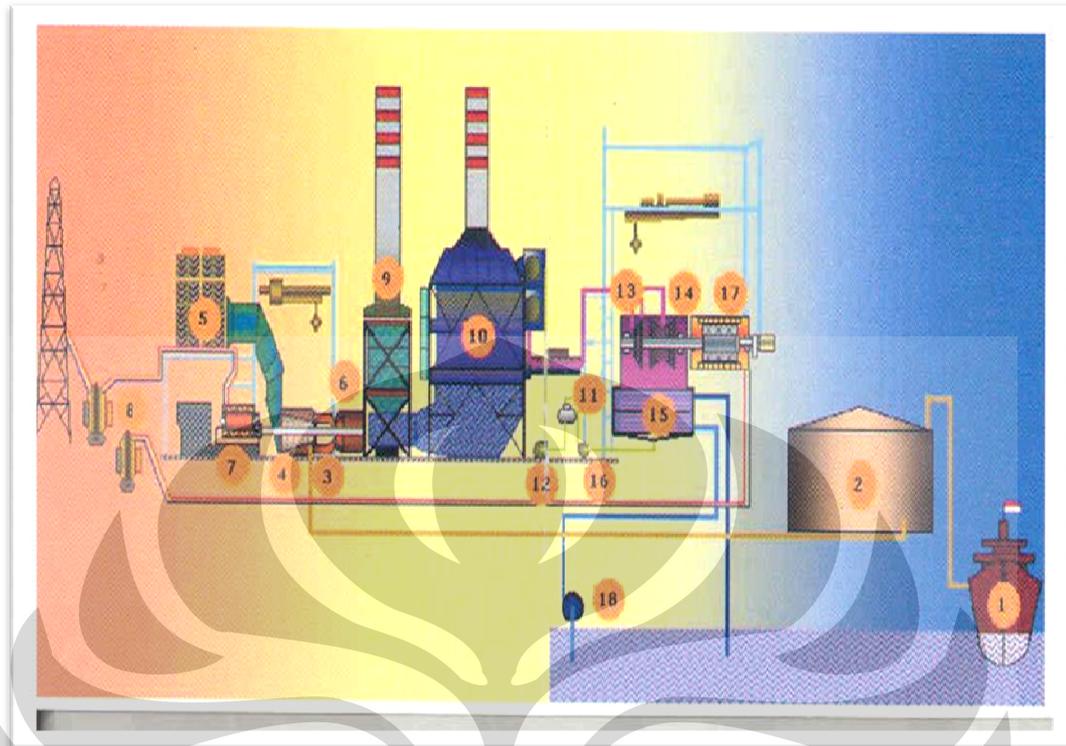


3.2.3 Chart Organisasi



Gambar 3.1 Chart Organisasi Pemeliharaan di PT X

### 3.3 Proses Produksi Listrik PLTGU



**Gambar 3.2** Flow Diagram Proses Produksi Listrik PLTGU

Udara bebas dikompresikan pada kompresor dengan 21 tingkat vela (sudu tetap) dan 21 tingkat velle (sudu gerak) setelah melewati air intake filter yang terdiri dari 1.248 buah elemen filter yang dipasang dalam tiga tingkat rangka beton, dengan kompresibilitas mencapai hingga 12 bar, dimana sebagian udara dari kompresi tersebut digunakan sebagai udara pendingin untuk fuel nozzle dan rotor, dan sebagian dari udara pembakaran juga berfungsi sebagai pendingin casing combustor.

Kemudian dengan waktu bersamaan udara pembakaran dan bahan bakar gas dan hsd dengan sistem dual fuel dan single fuel dual burner dimana kedua jenis bahan bakar tersebut dapat dipakai dalam proses pembakaran, bercampur didalam ruang bakar/combustor bertipe vertical silo single berdiameter 3,08 meter. Temperatur ruang bakar mencapai  $1070^{\circ}\text{C}$ , dimana sisi luar ruang bakar dilindungi oleh jaket isolasi untuk menjaga panas radiasi pembakaran mencapai  $400^{\circ}\text{C}$ .

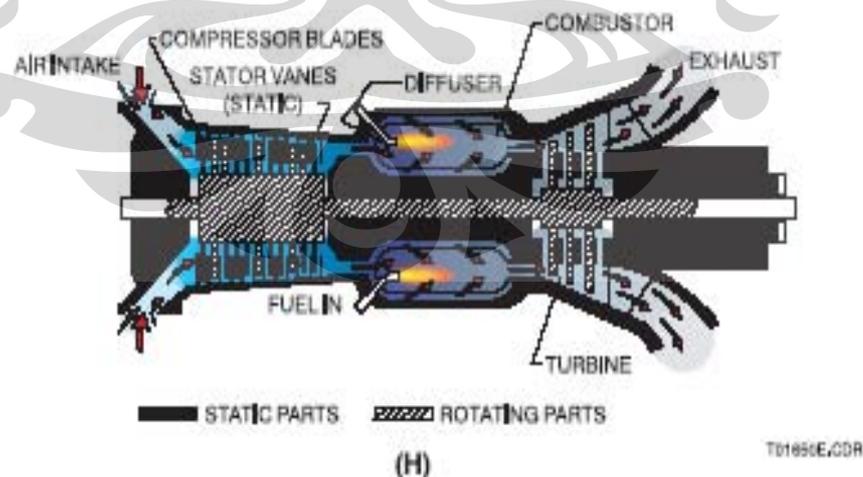
Energi pembakaran yang dihasilkan didalam ruang bakar kemudian dialirkan ke dalam turbin melalui *hot gas casing*, kemudian diubah menjadi energi

rotasi setelah melewati 5 tingkat tula (sudu tetap) dan 5 tingkat tula (sudu gerak) pada turbin.

Energi rotasi yang dihasilkan turbin digunakan untuk memutar kompresor (satu rotor dengan turbin) dan dikopel langsung dengan rotor generator dimana udara dan air sebagai media transfer panasnya, dengan putaran yang sama rotor turbin-kompresor yaitu 3000rpm, sehingga energi rotasi tersebut diubah menjadi energi listrik yang kemudian disalurkan ke jaringan 150kV setelah melewati generator transformer.

### 3.4 Pengenalan Sistem Turbin Gas

Turbin gas adalah suatu penggerak mula yang memanfaatkan gas sebagai fluida kerja, didalam turbin gas energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik berupa putaran yang menggerakkan roda turbin sehingga menghasilkan daya. Bagian turbin yang berputar disebut rotor atau roda turbin dan bagian turbin yang diam disebut stator atau rumah turbin. Rotor memutar poros daya yang menggerakkan beban (generator listrik, pompa, kompresor atau yang lainnya). Turbin gas merupakan salah satu komponen dari suatu sistem turbin gas. Sistem turbin gas yang paling sederhana terdiri dari tiga komponen yaitu kompresor, ruang bakar dan turbin gas.



Gambar 3.3 Sistem Turbin Gas

### 3.4.1 Prinsip Kerja Sistem Turbin Gas

Udara masuk kedalam kompresor melalui saluran masuk udara (inlet). Kompresor ini berfungsi untuk menghisap dan menaikkan tekanan udara tersebut, akibatnya temperatur udara juga meningkat. Kemudian udara yang telah dikompresi ini masuk kedalam ruang bakar. Di dalam ruang bakar disemprotkan bahan bakar sehingga bercampur dengan udara tadi dan menyebabkan proses pembakaran. Proses pembakaran tersebut berlangsung dalam keadaan tekanan konstan sehingga dapat dikatakan ruang bakar hanya untuk menaikkan temperatur. Gas hasil pembakaran tersebut dialirkan ke turbin gas melalui suatu nozel yang berfungsi untuk mengarahkan aliran tersebut ke sudu-sudu turbin. Daya yang dihasilkan oleh turbin gas tersebut digunakan untuk memutar kompresornya sendiri dan memutar beban lainnya seperti generator listrik, dll. Setelah melewati turbin ini gas tersebut akan dibuang keluar melalui saluran buang (exhaust).

Secara umum proses yang terjadi pada suatu sistim turbine gas adalah sebagai berikut:

1. Pemampatan (*compression*) udara di hisap dan dimampatkan
2. Pembakaran (*combustion*) bahan bakar dicampurkan ke dalam ruang bakar dengan udara kemudian di bakar.
3. Pemuaian (*expansion*) gas hasil pembakaran memuai dan mengalir ke luar melalui nozel
4. Pembuangan gas (*exhaust*) gas hasil pembakaran dikeluarkan lewat saluran pembuangan.

Pada kenyataannya, tidak ada proses yang selalu ideal, tetap terjadi kerugian-kerugian yang dapat menyebabkan turunnya daya yang dihasilkan oleh sistem turbin gas dan berakibat pada menurunnya performansi sistem turbin gas itu sendiri. Untuk memperkecil kerugian ini hal yang dapat kita lakukan antara lain dengan pemeliharaan (*maintenance*) yang teratur atau dengan memodifikasi peralatan yang ada.

### 3.4.2 Pengenalan dan Fungsi Komponen

#### 3.4.2.1 Air Inlet Section

Berfungsi untuk menyaring kotoran dan debu yang terbawa dalam udara sebelum masuk ke kompresor. Bagian ini terdiri dari:

1. *Air Inlet Housing*  
merupakan tempat udara masuk dimana didalamnya terdapat peralatan pembersih udara.
2. *Main Filter*  
merupakan penyaring utama yang terdapat pada bagian dalam inlet house, udara yang telah melewati penyaring ini masuk ke dalam kompresor aksial.
3. *Inlet Guide Vane*  
merupakan blade yang berfungsi sebagai pengatur jumlah udara yang masuk agar sesuai dengan yang diperlukan.

#### 3.4.2.2 Compressor Section

Komponen utama pada bagian ini adalah aksial flow *compressor*, berfungsi untuk mengkompresikan udara yang berasal dari *inlet air section* hingga bertekanan tinggi sehingga pada saat terjadi pembakaran dapat menghasilkan gas panas berkecepatan tinggi yang dapat menimbulkan daya output turbin yang besar. *Aksial flow compressor* terdiri dari dua bagian yaitu:

1. *Compressor Rotor Assembly*  
Merupakan bagian dari kompresor aksial yang berputar pada porosnya. Rotor ini memiliki 17 tingkat sudu yang mengompresikan aliran udara secara aksial dari 1 atm menjadi 17 kalinya sehingga diperoleh udara yang bertekanan tinggi. Bagian ini tersusun dari *wheels*, *stubshaft*, *tie bolt* dan sudu-sudu yang disusun kosentris di sekeliling sumbu rotor.
2. *Compressor Stator*  
Merupakan bagian dari casing gas turbin yang terdiri dari:

- 2.1. *Inlet Casing*, merupakan bagian dari casing yang mengarahkan udara masuk ke *inlet guide vane*.
- 2.2. *Discharge Casing*, merupakan bagian casing yang berfungsi sebagai tempat keluarnya udara yang telah dikompresi. Pada bagian ini terdapat *compressor blade* tingkat 11 sampai 17.

### 3.4.2.3 Combustion Section

Pada bagian ini terjadi proses pembakaran antara bahan bakar dengan fluida kerja yang berupa udara bertekanan dan bersuhu tinggi. Hasil pembakaran ini berupa energi panas yang diubah menjadi energi kinetik dengan mengarahkan udara panas tersebut ke *transition pieces* yang juga berfungsi sebagai *nozzle*. Fungsi dari keseluruhan sistem adalah untuk mensuplai energi panas ke siklus turbin. Komponen-komponen combustion section antara lain adalah :

1. *Combustion Chamber*

Berfungsi sebagai tempat terjadinya pencampuran antara udara yang telah dikompresikan dengan bahan bakar yang masuk.

2. *Fuel Nozzle*

Sebagai tempat masuknya bahan bakar ke dalam *combustion chamber*

3. *Ignitors (Spark Plug)*

Berfungsi memercikan bunga api ke dalam combustion chamber sehingga campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar.

4. *Flame Detector*

Merupakan alat yang dipasang untuk mendeteksi proses pembakaran terjadi

#### 3.4.2.4 Turbin Section

Turbin section merupakan tempat terjadinya konversi energi kinetik menjadi energi mekanik yang digunakan sebagai penggerak kompresor aksial dan perlengkapan lainnya. Dari daya total yang dihasilkan kira-kira 60 % digunakan untuk memutar kompresornya sendiri, dan sisanya digunakan untuk kerja yang dibutuhkan. Komponen-komponen pada *turbin section* adalah sebagai berikut :

1. Turbin Rotor Case

2. First Stage Nozzle

Berfungsi untuk mengarahkan gas panas ke first stage turbine wheel.

3. Second Stage Turbine

berfungsi untuk memanfaatkan energi kinetik yang masih cukup besar dari first stage turbine untuk menghasilkan kecepatan putar rotor yang lebih besar.

#### 3.4.2.5 Exhaust Section

Exhaust section adalah bagian akhir turbin gas yang berfungsi sebagai saluran pembuangan gas panas sisa yang keluar dari turbin gas.

*Exhaust section* terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1. Exhaust Frame Assembly

2. Exhaust Diffuser Assembly

Exhaust gas keluar dari turbin gas melalui *exhaust diffuser* pada *exhaust frame assembly*, lalu didifusikan melalui *exhaust stack*, sebelum dibuang ke atmosfer gas panas sisa tersebut diukur dengan *exhaust thermocouple*.

### 3.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap pengumpulan data merupakan salah satu fase yang sangat penting dalam penyusunan skripsi ini, karena tahap ini merupakan langkah awal dalam membuat analisa mengenai keadaan dan menarik kesimpulan. Tahap pengumpulan data ini akan membahas mengenai pengumpulan data yang dilakukan dalam rangka membuat analisa dan kesimpulan, dimana tahap pengumpulan data ini dibagi menjadi pengumpulan data untuk data FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) dan data FTA (*Fault Tree Analysis*).

#### Tahap pengumpulan data FMEA :

1. Mengumpulkan dan mempelajari fungsi dan struktur sistem turbin gas
2. Mencari dan mengumpulkan data historis tentang kegagalan sistem turbin gas
3. Melakukan interview dan brainstorming untuk mengumpulkan informasi mengenai kegagalan yang belum *ter-record* sebelumnya
4. Menentukan standar rating severity, occurrence, dan detection untuk mengisi form FMEA.
5. Membuat kuisoner mengenai risiko kegagalan sistem turbin gas
6. Menyebarkan kuisoner kepada responden
7. Pengumpulan kuisoner

#### Tahap pengumpulan data FTA :

1. Mempelajari 6 risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi
2. Mencari dan mengumpulkan informasi yang bisa menjadi *basic event* dari 6 risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi.

Pengolahan data merupakan fase yang penting dilakukan setelah proses atau tahap pengumpulan data terselesaikan. Proses pengolahan data dimulai dengan pengolahan data FMEA berdasarkan tahap-tahap dalam metode FMEA, kemudian rekapitulasi kuisoner untuk menghitung probabilitas penyebab kegagalan data dan analisa adalah sebagai berikut :

### 1. Pengolahan data teknis

Pengolahan data teknis yang didapat dari data historis sehingga dapat diketahui waktu tidak produktif akibat kegagalan yang terjadi.

### 2. Pengolahan data FMEA

- Pengolahan data berdasarkan metode FMEA, dari data historis (data teknis) dan data hasil brainstorming dan wawancara.
- Menghitung RPN (*Risk Priority Number*) sehingga dapat memprioritaskan risiko (titik kritis) yang harus ditangani terlebih dahulu.

### 3. Pengolahan data FTA

Membuat diagram FTA (*Fault Tree Analysis*) sehingga dapat diketahui *basic event* dari kegagalan subsistem alat pada sistem turbin gas.

#### 3.5.1 Pengolahan data teknis

Data teknis ini adalah data kegagalan sistem turbin gas yang didapat dari PT. X. Data ini berisikan alat turbin gas apa saja yang gagal, dan jumlah waktu yang terbuang atau tidak produktif akibat kegagalan tersebut. Tabel 3.1 merupakan rekapitulasi dari data teknis yang didapat.

**Tabel 3.1** Rekapitulasi Data Teknis Kegagalan Alat Sistem Gas Turbine Tahun 2006 dan 2007

Bulan	Jenis Kerusakan	Alat	Frek	Waktu Terbuang (Jam)	Jumlah Kegagalan	Total Waktu Terbuang
2006	Januari	Kebocoran HRSG	1	68 jam 11 menit	4	110 jam 3 menit
		Kebocoran gas panas Combustor	1	20 jam 28 menit		
		Malfuction, Under frekuensi, Proteksi Generator	2	21 jam 24 menit		
	Februari	Malfuction Proteksi Generator	3	11 jam 8 menit		
					1	11 jam 8 menit
	Maret	Kebocoran gas panas Combustor	1	21 jam 29 menit	1	21 jam 29 menit
	Mei	Vibrasi Compressor	1	1 jam 10 menit	1	1 jam 10 menit
	Juni	Malfuction proteksi generator	1	3 jam 8 menit	1	3 jam 8 menit
				<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>146 jam 58 menit</b>
2007	Januari	Malfuctions exhaust temperature	3	17 jam 15 menit	1	17 jam 15 menit
	Februari	Kebocoran packing sight glass	1	57 menit	1	57 menit
	Juli	rusak stator	1	460 jam 55 menit	1	460 jam 55 menit
	September	fault exhaust temperature	1	2 jam 39 menit	1	2 jam 39 menit
	Oktober	Kebakaran Combustor	1	8 jam 45 menit	1	8 jam 45 menit
				<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>490 jam 31 menit</b>

### 3.5.2 Pengolahan data FMEA

Pengembangan model FMEA yang dilakukan meliputi beberapa tahapan :

#### 3.5.2.1 Pemilihan tim dan pencarian ide masalah (*brainstorming*)

Sebelum FMEA dimulai maka diperlukan pembentukan sebuah tim yang mewakili proses yang akan dianalisa. Tim FMEA harus terdiri dari anggota yang paham akan kondisi proses dan dapat memberi kontribusi pada FMEA itu sendiri. Pada analisa risiko kegagalan sistem turbin gas PLTGU PT. X, pemilihan tim FMEA berasal dari 4 divisi yaitu divisi kinerja, divisi pemeliharaan mekanik, divisi pemeliharaan instrumen, dan divisi pemeliharaan listrik dan sebagai ketua saya sendiri. Penetapan batasan masalah sangat penting karena hal ini akan menentukan jangkauan dari proyek FMEA. Tim FMEA yang dibentuk hanya bertujuan untuk memberikan rekomendasi tindakan bagi perusahaan untuk menangani masalah kegagalan yang terjadi dan mungkin akan terjadi.

Beberapa pertimbangan yang dilakukan dalam memilih ahli/responden ini antara lain :

1. Berhubungan langsung dengan sistem turbin gas pada PT.X
2. Pengalaman kerja yang dimiliki, hal ini sangat penting guna mendapatkan jawaban yang akurat dari kuisisioner tersebut. Pengalaman kerja ini menjadi hal yang sangat penting karena dengan makin lamanya pengalaman kerja yang dimiliki maka diharapkan pengetahuan yang dimiliki semakin baik
3. Jabatan yang dimiliki, jabatan yang dimiliki ahli/reponden bisa menunjukkan tingkatan keahlian dalam pekerjaannya

Berikut ini adalah data anggota tim brainstorming dan responden kuisisioner dari FMEA :

**Tabel 3.2** Daftar Anggota Tim Brainstorming/Responden Kuisisioner

No	Nama	Jabatan	Divisi	Pengalaman Kerja
1	Hari Cahyono	Spv. Senior	K&I Maintenance	9 tahun
2	Harpendi	Supervisor	Kinerja	6 tahun
3	Oman Sumantri	Supervisor	Mechanical Maintennce	10 tahun
4	Ronggo Widodo	Spv. Senior	Mechanical Maintenance	12 tahun
5	Wicahyo	Supervisor	Electrical Maintenance	6 tahun
6	Yudi Hidayat	Spv. Senior	Kinerja	9 tahun

### 3.5.2.2 Meninjau proses

Untuk suatu proses FMEA, anggota tim harus secara fisik tahu aliran proses yang ada secara tepat. Analisa dimulai dengan mengajukan pertanyaan, “bagian mana yang paling penting?”. Analisa dimulai pada alat-alat sistem turbin gas PLTGU PT. X yang mengalami kegagalan sesuai dengan data historis dari tahun 2006 - 2007.

### 3.5.2.3 Mendiskusikan modus-modus kesalahan atau kegagalan potensial

Setelah anggota tim FMEA memahami proses yang ada, maka mulai dicari modus-modus kegagalan potensial (*potential failure modes*) yang dapat terjadi pada sistem turbin gas. Identifikasi kegagalan potensial bisa

dikenali dari kegagalan yang terjadi terhadap fungsi dari prosesnya. Kegiatan identifikasi ini dilakukan dengan brainstorming dengan melihat data historis yang ada, ditambah dengan ide dan pengetahuan anggota tim FMEA serta studi literatur. Data dan informasi dituangkan pada bagian alat dan mode kegagalan pada form FMEA sistem turbin gas.

**Tabel 3.3** Form FMEA Sistem Turbin Gas PLTGU

Proses/Produk : No. FMEA :  
 FMEA Tim : Date :  
 Team Leader : Page :

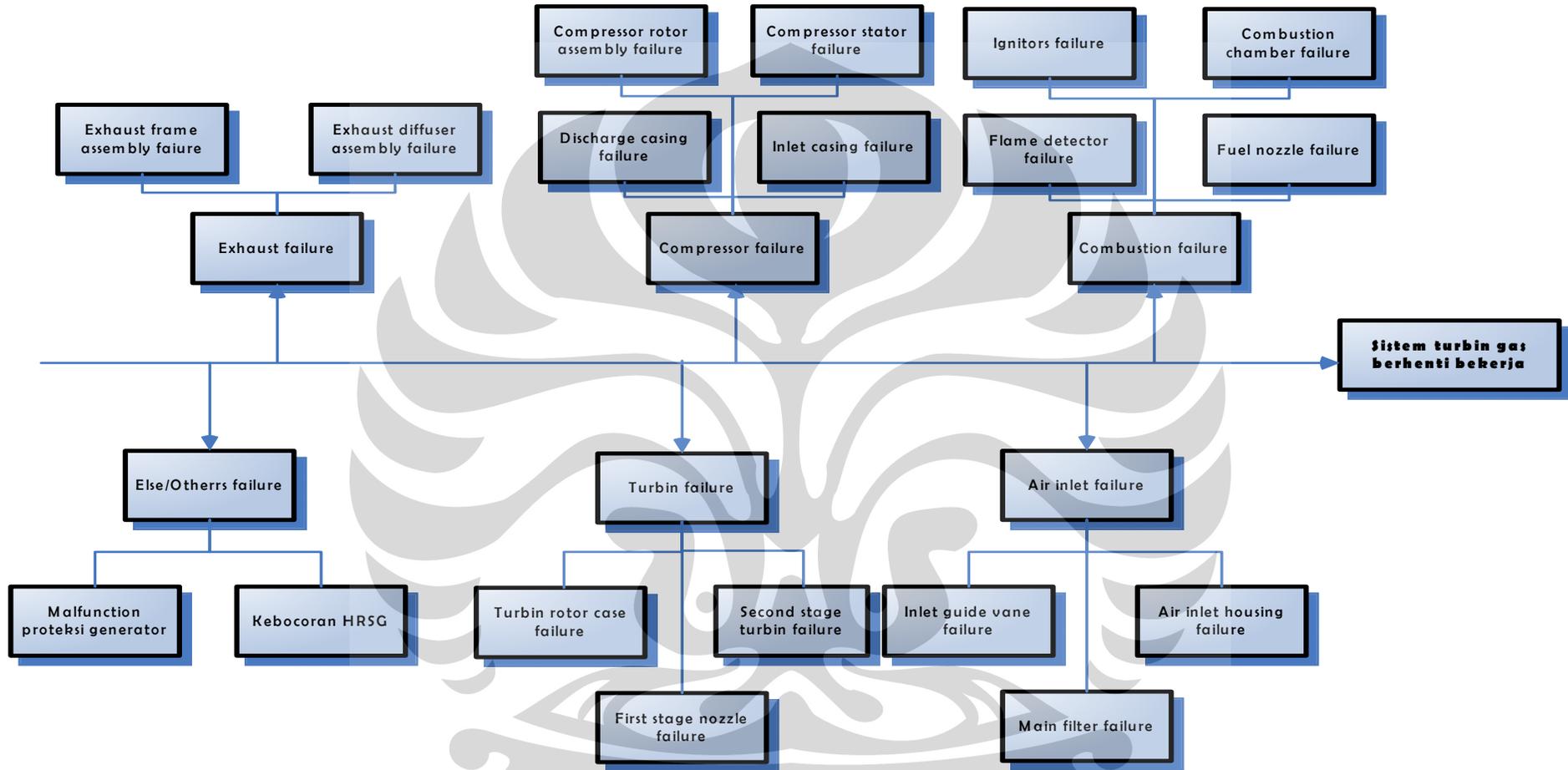
Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure Mode	SEVERITY	CLASS	Potential Causes of Failure Mode	OCCURRENCE	Current Controls	DETECTION	Risk Priority Number (RPN)

#### 3.5.2.4 Mendata Efek potensial tiap modus-modus kesalahan atau kegagalan

Terkumpulnya data dan informasi kegagalan pada form FMEA, tim selanjutnya meninjau efek/ akibat potensial yang terjadi dari setiap kegagalan. Datadan informasi dituangkan pada bagian efek dari kegagalan pada form FMEA sistem turbin gas.

#### 3.5.2.5 Mendata Penyebab kegagalan Potensial (*Potensial Cause of Failure*)

Penyebab suatu modus kegagalan potensial harus diarahkan pada akar masalah atau kegagalan, bukan berdasarkan gejala yang sering timbul. Identifikasi dapat dilihat dari hubungan modus kegagalan potensial dan efeknya pada diagram CFME. Data dan informasi dituangkan pada bagian penyebab kegagalan pada form FMEA sistem turbin gas.



Gambar 3.4 Diagram CFME Sistem Turbin Gas PLTGU

### 3.5.2.6 Mendata pengendalian kegagalan saat ini (*current control*)

Pengendalian saat ini merupakan suatu tindakan yang telah dilakukan untuk mendeteksi, menanggulangi permasalahan yang timbul. Data dan informasi dituangkan pada bagian kontrol yang dilakukan pada form FMEA sistem turbin gas.

### 3.5.2.7 Menentukan standar rating keseriusan (*severity*), kejadian (*occurrence*), deteksi dari tiap modus-modus kesalahan atau kegagalan.

**Tabel 3.4** Rating Keseriusan (*Severity*)

Skala	Severity	Kriteria Verbal	Non Productive Time
10	Hazardous without warning	Dapat membahayakan operator dan sistem itu sendiri tanpa ada peringatan	>6x24 jam
9	Hazardous with warning	Dapat membahayakan operator dan sistem dengan ada peringatan terlebih dahulu	>5x24 – 6x24 jam
8	Very high	Kegagalan mengganggu sistem secara total	>4x24 – 5x24 jam

7	High	Kegagalan mengganggu 50% kerja sistem	>3x24 – 4x24 jam
6	Moderate	Kegagalan mengganggu 25% kerja sistem	>2x24 – 3x24 jam
5	Low	Kegagalan mengganggu 10% kerja sistem	> 24 – 2x24 jam
4	Very low	Kegagalan mempengaruhi kerja sistem	>12 – 24 jam
3	Minor	Kegagalan memberi efek minor pada sistem	> 6 – 12 jam
2	Very minor	Kegagalan memberi efek yang dapat diabaikan	>3 - 6 jam
1	None	Kegagalan tidak memberi efek	0 – 3 jam

**Sumber :** Cayman Bussiness System, 1964.com, Failure Mode and Effect Analysis, 2002 dan JVC FMEA Module Training, ISO/TS169/49 yang dimodifikasi

**Tabel 3.5** Rating Frekuensi Kejadian (*Occurrence*)

Skala	Occurrence	Kriteria Verbal	Possible Failure Rate
10	Very High	Kegagalan yang terjadi terus-menerus	$\geq 1$ in 2
9			1 in 3
8	High	Kegagalan yang sering terjadi	1 in 8
7			1 in 20
6	Moderate	Kegagalan yang kadang-kadang terjadi	1 in 80
5			1 in 400
4			1 in 2,000
3	Low	Kegagalan relatif sedikit	1 in 15.000
2	Very Low	Kegagalan hampir tidak pernah terjadi	1 in 150.000
1	Remote	Kegagalan tidak pernah terjadi	1 in 1.500.000

**Sumber :** Cayman Bussiness System, 1964.com, Failure Mode and Effect Analysis, 2002 dan JVC FMEA Module Training, ISO/TS169/49 yang dimodifikasi

**Tabel 3.6** Rating Deteksi

Skala	Detection	Kriteria Verbal
10	Almost Impossible	Pengecekan hampir tidak mungkin mendeteksi kegagalan
9	Very Remote	Sangat kecil kemungkinan untuk pengecekan bisa mendeteksi kegagalan
8	Remote	Pengecekan mempunyai peluang untuk mendeteksi kegagalan
7	Very Low	Pengecekan mempunyai peluang yang rendah untuk mendeteksi kegagalan
6	Low	Pengecekan kemungkinan mendeteksi kegagalan
5	Moderate	Pengecekan kemungkinan akan mendeteksi kegagalan
4	Moderately High	Pengecekan kemungkinan besar akan mendeteksi kegagalan
3	High	Pengecekan mempunyai peluang besar mendeteksi kegagalan
2	Very High	Pengecekan hampir pasti dapat mendeteksi kegagalan
1	Almost Certain	Pengecekan pasti dapat mendeteksi kegagalan

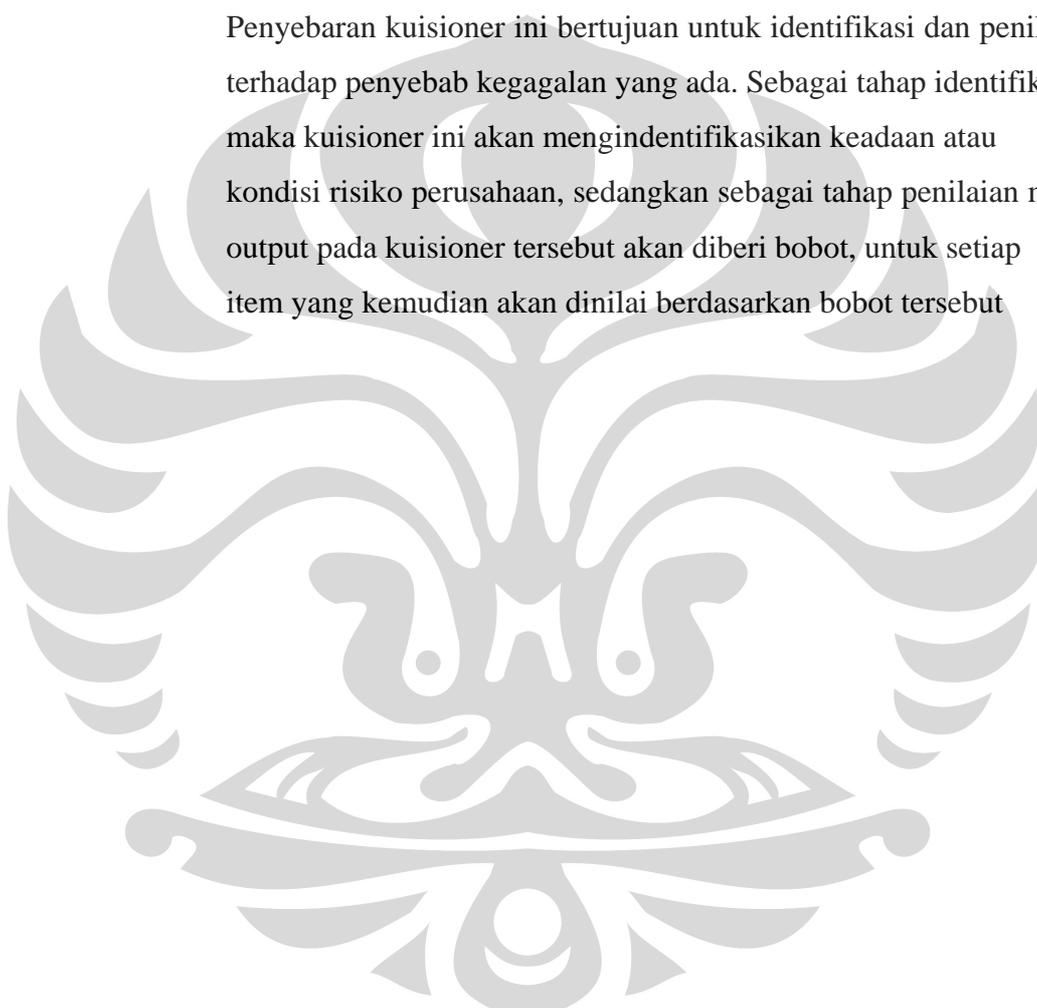
**Sumber :** Cayman Bussiness System, 1964.com, Failure Mode and Effect Analysis, 2002 dan JVC FMEA Module Training, ISO/TS169/49 yang dimodifikasi

### 3.5.3 Pengolahan Data FTA

Pembuatan digram FTA dari 6 risiko kegagalan pemeliharaan & operasi sistem turbin gas PLTGU dengan mendaftarkan setiap *basic event*, dengan berdasarkan *cause factor* antara lain yaitu lingkungan/cuaca (*environment*), personil (*human factor*), mesin, dengan terlebih dahulu membuat fishbone diagramnya.

### 3.5.4 Kuisisioner

Penyebaran kuisisioner ini bertujuan untuk identifikasi dan penilaian terhadap penyebab kegagalan yang ada. Sebagai tahap identifikasi, maka kuisisioner ini akan mengidentifikasi keadaan atau kondisi risiko perusahaan, sedangkan sebagai tahap penilaian maka output pada kuisisioner tersebut akan diberi bobot, untuk setiap item yang kemudian akan dinilai berdasarkan bobot tersebut



## BAB IV

### ANALISIS DATA

#### 4.1 Analisis Data FMEA

##### 4.1.1 Menentukan rating tiap modus-modus kesalahan atau kegagalan

Dengan data dan informasi yang didapat dari hasil brainstorming dengan anggota tim FMEA dan kemudian penentuan standar rating tingkat keseiusan/dampak (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*) dan deteksi. Dilakukan penyebaran kuisisioner kepada anggota FMEA untuk menentukan rating dari tiap modus kegagalan.

##### 4.1.2 Menghitung nilai prioritas risiko dari tiap efek (RPN)

*Risk Priority Number* (RPN) merupakan perhitungan sederhana yang mengalikan tingkat keseiusan (*severity*) dengan frekuensi kejadian (*occurrence*), dan pendeteksian (*detection*).

$$\text{Risk Priority Number (RPN)} = \text{Severity} \times \text{Occurance} \times \text{Detection}$$

##### 4.1.3 Peringkat RPN dan Memprioritaskan risiko kegagalan untuk mengambil tindakan

Dari pengolahan data FMEA yang telah dituangkan kedalam form FMEA pada lampiran maka dapat dilihat alat-alat sistem turbin gas yang mempunyai risiko kegagalan tertinggi dalam sistem turbin gas dengan melihat nilai RPN (Risk Priority Number) tertinggi yang didapat. Berikut 6 peringkat RPN tertinggi :

**Tabel 4.1** Daftar Risiko Kegagalan dengan Nilai RPN Tertinggi

No	Daftar Risiko kegagalan Pemeliharaan dan Operasi Sistem Turbin Gas PLTGU	RPN
1	Kebocoran HRSG	280
2	Fuel nozzle failure	160
3	Combustion chamber failure	150
4	Turbin rotor case failure	150
5	First stage nozzle failure	150
6	Second stage turbine failure	150

#### 4.1.4 Usulan tindakan pengurangan modus kegagalan yang berisiko tinggi

Tindakan rekomendasi dapat berupa tindakan yang spesifikasi dari studi FMEA tingkat lanjut. Ide rekomendasi ini adalah untuk mengurangi *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Tujuannya adalah untuk mengurangi atau mengeliminasi waktu akibat kegagalan.

#### Titik kritis pada sistem turbin gas PLTGU

Dari form FMEA dapat dilihat titik kritis pada sistem turbin gas PLTGU PT. X yang mempunyai nilai RPN tertinggi, artinya alat ini memberi kontribusi terbesar terhadap kegagalan pada sistem turbin gas PT. X, yaitu :

Sistem	: Turbin gas PLTGU PT. X
Sub Sistem	: Else/others (faktor luar yang mempengaruhi sistem turbin gas)
Nama komponen	: HRSG ( <i>Heat Recovery Steam Generator</i> )
Fungsi komponen	: mengubah <i>exhaust temperature</i> yang dihasilkan oleh sistem turbine gas menjadi uap bertekanan tinggi untuk diproses didalam steam turbin
Modus kegagalan	: kebocoran HRSG
Penyebab potensial	: Vibrasi
Dampak potensial	: Kebocoran pada pipa

Universitas Indonesia

Kendali saat ini : melakukan *rewaliding* operasi  
 Rekomendasi tindakan : melakukan inspeksi vibrasi secara rutin/berkala.

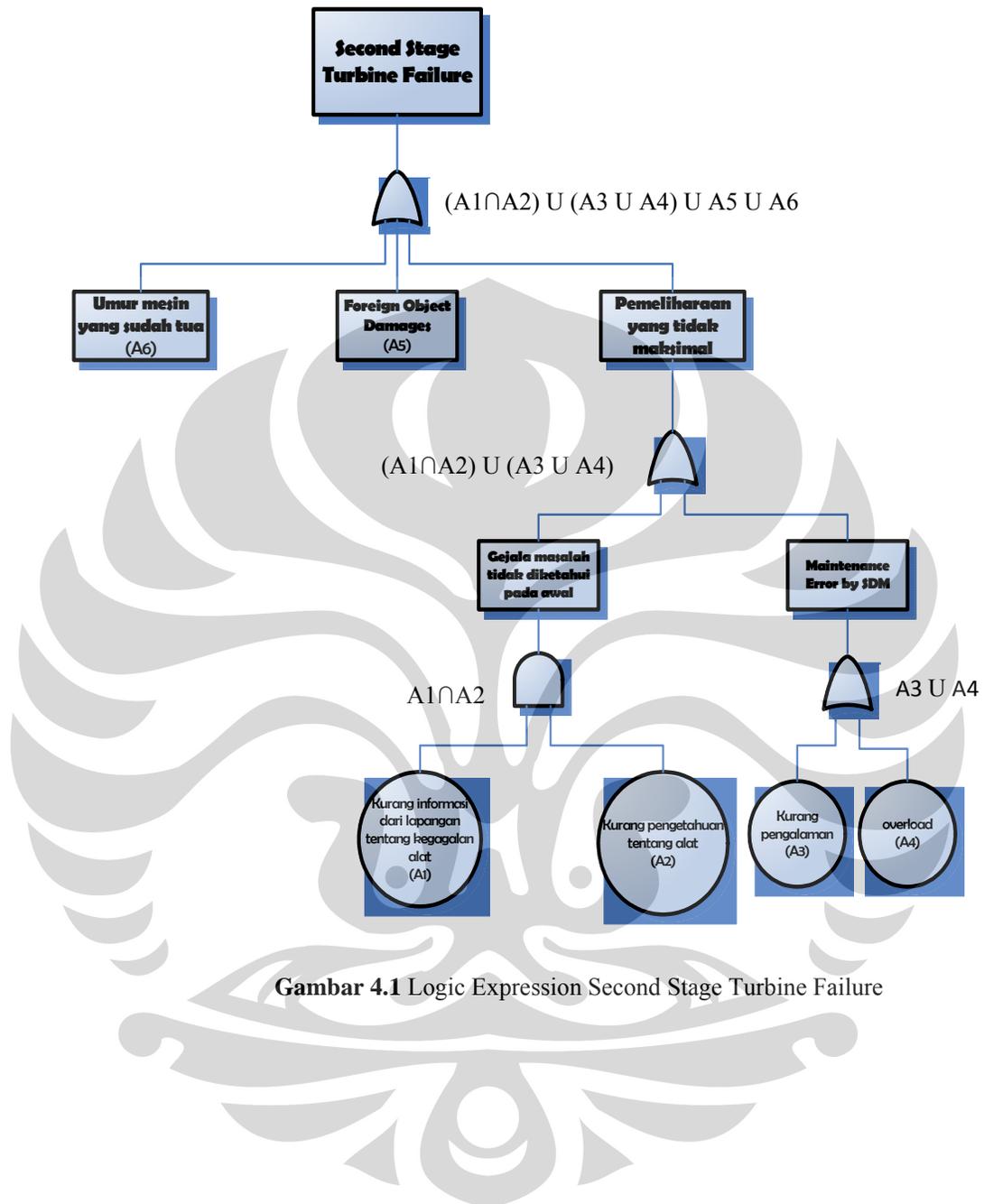
Usulan langkah penanganan atau rekomendasi tindakan yang merupakan hasil *brainstorming* dari anggota tim FMEA dengan mempertimbangkan mode kegagalan, efek kegagalan, penyebab kegagalan dan kontrol yang dilakukan pada saat ini. Ada 6 risiko kegagalan yang dievaluasi kemudian diberi usulan langkah penanganan risikonya. Ini berdasarkan nilai RPN yang tertinggi dari 18 risiko kegagalan yang ada dalam form FMEA.

**Tabel 4.2** Tindakan Rekomendasi 6 Risiko Kegagalan RPN Tertinggi

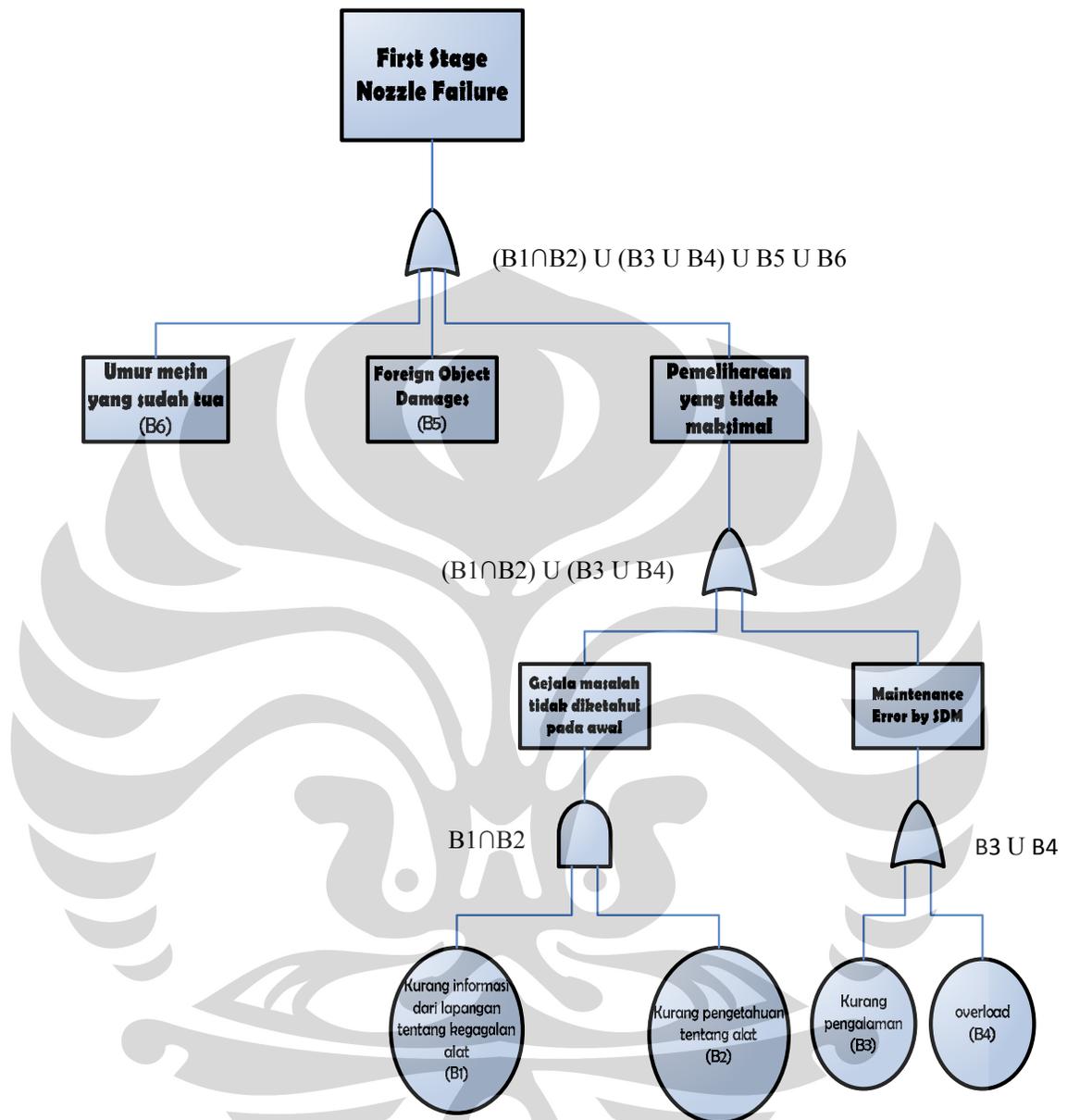
No	Daftar Risiko Kegagalan Pemeliharaan & Operasi Sistem Turbin Gas PLTGU	RPN	Tindakan Rekomendasi
1	Kebocoran HRSG	280	Inspeksi vibrasi secara berkala
2	Fuel nozzle failure	160	Menggunakan <i>thermocouple</i>
3	Combustion chamber failure	150	Melakukan pengecekan disetiap inspeksi
4	Turbin rotor case failure	150	Melakukan inspeksi FOD secara berkala
5	First stage nozzle failure	150	Melakukan inspeksi FOD secara berkala
6	Second stage turbine failure	150	Melakukan inspeksi FOD secara berkala

#### 4.2 Analisa Data FTA

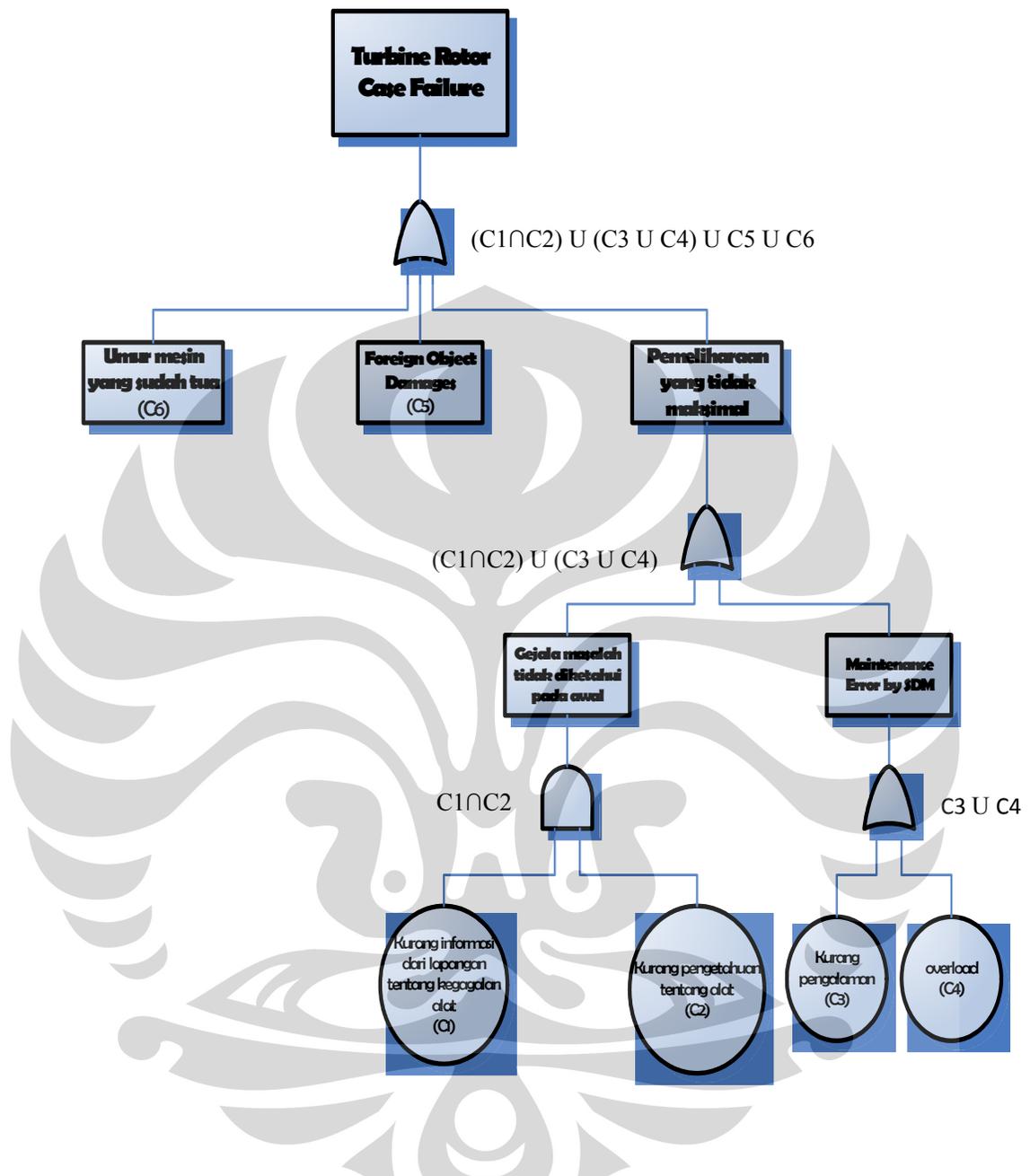
Digram FTA 6 risiko kegagalan pemeliharaan & operasi sisten turbin gas PLTGU yang terdiri dari setiap *basic event*, dengan berdasarkan *cause factor* antara lain yaitu lingkungan/cuaca (*environment*), personil (human factor), mesin.



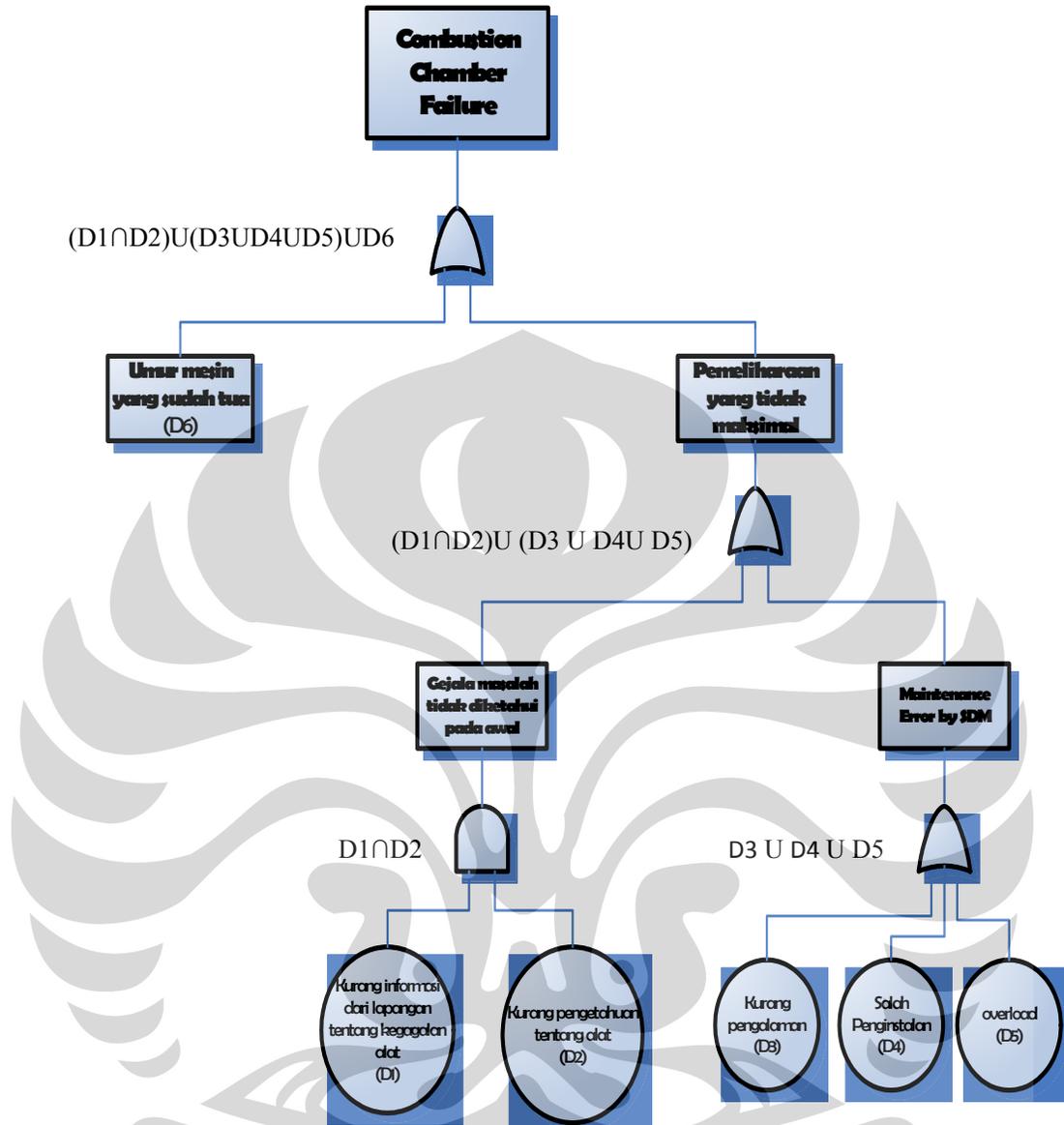
Gambar 4.1 Logic Expression Second Stage Turbine Failure



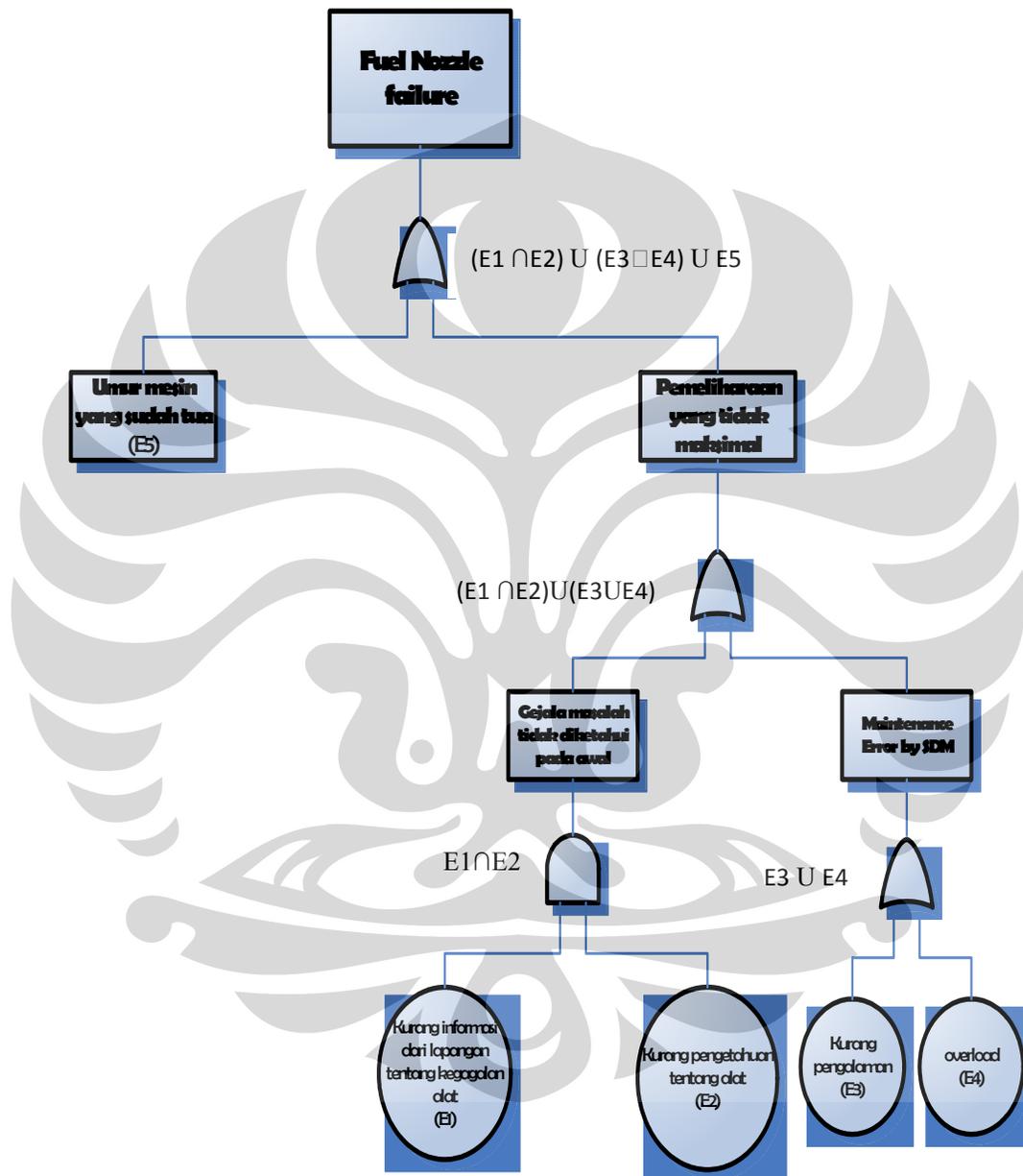
Gambar 4.2 Logic Expression First Stage Nozzle Failure



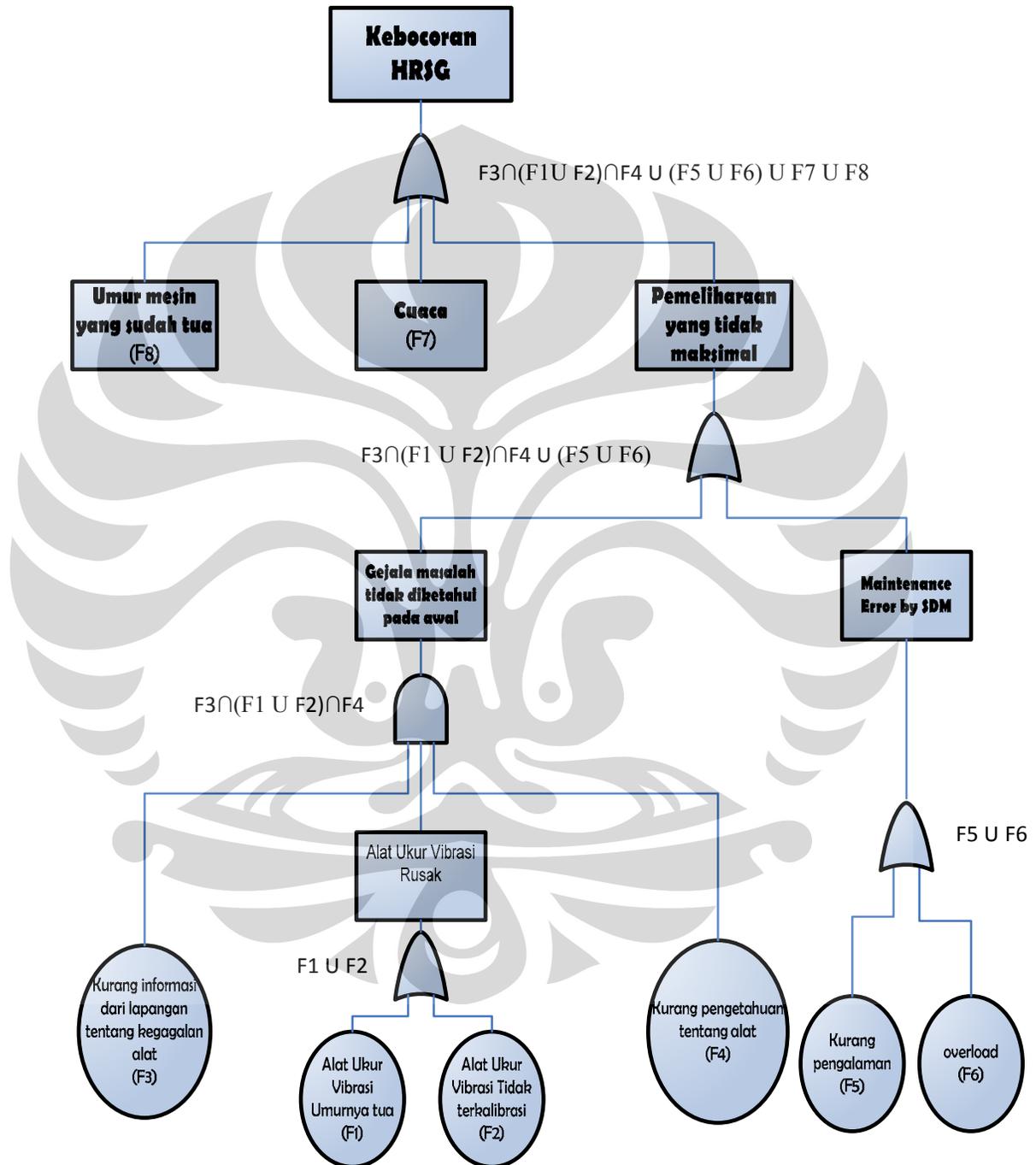
Gambar 4.3 Logic Expression Turbine Rotor Case Failure



Gambar 4.4 Logic Expression Combustion Chamber Failure



Gambar 4.5 Logic Expression Fuel Nozzle Failure



Gambar 4.6 Logic Expression Kebocoran HRSG

Dari gambar diagram 6 risiko kegagalan dengan nilai RPN tertinggi, dengan mempertimbangkan cause factor yang ada didalam.

**Tabel 4.3** Daftar Minimal Cut Set 6 Risiko Kegagalan dengan RPN Tertinggi

No	Daftar Risiko Kegagalan Pemeliharaan & Operasi Sistem Turbin Gas PLTGU	Cut Sets	
1	Kebocoran HRSG	F8/F7/F5/F6	F3•F1•F4 F3•F2•F4
2	Fuel nozzle failure	E5/E4/E3	E1•E2
3	Combustion chamber failure	D6/D5/D4/D3	D1•D2
4	Turbin rotor case failure	C6/C5/C4/C3	C1•C2
5	First stage nozzle failure	B6/B5/B4/B3	B1•B2
6	Second stage turbine failure	A6/A5/A4/A3	A1•A2

#### 4.2.1 Kebocoran HRSG

Minimal *cut sets* yang merupakan basic event kebocoran HRSG ini ada 6 *cut sets*, dimana ini memperlihatkan bahwa kebocoran HRSG dapat disebabkan oleh umur mesin yang tua atau cuaca atau juga pemeliharaan yang tidak maksimal sehingga membuat HRSG lambat-laun mengurangi nilai produktifitas dari mesin. Pada *cause factor* pemeliharaan yang tidak maksimal penyebab dasar ini dapat terjadi adalah adanya gejala masalah yang tidak diketahui pada awal dimana hal ini berakar dari kurangnya informasi dari lapangan tentang kegagalan alat, kurangnya pengetahuan tentang alat itu sendiri, dan alat ukur vibrasi yang rusak. Sedangkan kerusakan alat ukur vibrasi bisa disebabkan oleh 2 *basic event* yaitu alat

**Universitas Indonesia**

ukur vibrasi yang tidak terkalibrasi atau alat ukur vibrasi yang berusia tua. Selain itu pemeliharaan yang tidak maksimal juga dapat disebabkan oleh kesalahan manusia, antara lain yaitu personil yang kurang pengalaman atau personil yang sudah *overload* sehingga tidak dapat berkonsentrasi penuh dalam melaksanakan pemeliharaan HRSG.

#### **4.2.2 Fuel Nozzle Failure**

Ada 4 *cut sets* yang merupakan *basic event fuel nozzle failure* yaitu umur mesin yang sudah tua, pemeliharaan yang tidak maksimal yang disebabkan oleh kesalahan personil yaitu personil yang kurang berpengalaman atau personil yang mengalami *overload* beban kerja, selain itu disebabkan juga oleh kurangnya informasi dari lapangan tentang kegagalan alat dan kurangnya pengetahuan tentang *fuel nozzle*.

#### **4.2.3 Combustion Chamber Failure**

*Basic event* yang merupakan minimal *cut sets* yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada *combustion chamber* yaitu umur mesin yang sudah tua atau pemeliharaan yang tidak maksimal dimana ini terjadi disebabkan oleh kegagalan alat yang tidak diketahui sejak dini dan akar dari permasalahan ini adalah ketidaktahuan informasi tentang alat dan informasi kegagalan alat dilapangan selain itu pemeliharaan yang tidak maksimal juga dapat disebabkan oleh *human error* yakni personil yang mengalami *overload* atau personil yang kurang berpengalaman.

#### **4.2.4 Turbine Rotor Case Failure**

Ada 5 minimal *cut sets* penyebab terjadinya kegagalan *turbine rotor case* yaitu umur mesin yang sudah tua atau adanya benda asing yang masuk dan merusak fungsi alat atau personil pemeliharaan yang bekerja melebihi standar (*overload*) atau personil pemeliharaan yang kurang berpengalaman atau dapat juga disebabkan oleh kurangnya informasi kegagalan dari lapangan dan kurangnya pengetahuan tentang *turbine rotor case*.

#### 4.2.5 First Stage Nozzle Failure

Minimal *cut sets* penyebab terjadinya kegagalan *first stage nozzle* yaitu umur mesin yang sudah tua atau adanya benda asing yang masuk dan merusak fungsi alat atau personil pemeliharaan yang bekerja melebihi standar (*overload*) atau personil pemeliharaan yang kurang berpengalaman atau dapat juga disebabkan oleh kurangnya informasi kegagalan dari lapangan dan kurangnya pengetahuan tentang *first stage nozzle*.

#### 4.2.6 Second Stage turbine failure

Lima minimal *cut sets* penyebab terjadinya kegagalan yaitu umur mesin yang sudah tua atau adanya benda asing yang masuk dan merusak fungsi alat atau personil pemeliharaan yang bekerja melebihi standar (*overload*) atau personil pemeliharaan yang kurang berpengalaman atau dapat juga disebabkan oleh kurangnya informasi kegagalan dari lapangan dan kurangnya pengetahuan tentang alat itu sendiri.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengolahan data dan analisa maka dapat ditarik kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu : 6 titik kritis dari 18 risiko kegagalan pada pemeliharaan dan operasi sistem turbin gas PLTGU yang didapat dari form FMEA berdasarkan nilai RPN tertinggi adalah Kebocoran HRSG merupakan mode kegagalan eksternal diluar sistem turbin gas yang menyebabkan sistem turbin gas berhenti berproduksi, pada alat *combustion* dengan mode kegagalan pada *fuel nozzle* dan kegagalan fungsi *combustion Chambers*, pada alat turbin dengan mode kegagalan pada *turbine rotor case*, *first stage nozzle*, dan mode kegagalan pada *second stage turbine*.

#### 5.2 Saran

Setelah melakukan pengolahan data, analisa dan menarik kesimpulan, maka penulis memberikan saran kepada perusahaan yang mungkin bisa dijadikan sebagai bahan acuan untuk melakukan peningkatan, yaitu :

1. **Dari Metode FMEA :**
  - a. Kebocoran HRSG merupakan mode kegagalan eksternal diluar sistem turbin gas, rekomendasi tindakan yang diusulkan untuk mengurangi kegagalan ini adalah dengan melakukan pengecekan vibrasi pada HRSG secara berkala.
  - b. Pada alat *combustion* dengan mode kegagalan pada *fuel nozzle*, rekomendasi tindakan yang diajukan adalah penggunaan *thermocouple* pada alat untuk mengontrol setiap perubahan temperatur pada alat.
  - c. Pada alat *combustion* dengan mode kegagalan fungsi *combustion chamber*, rekomendasi tindakan yang diusulkan adalah melakukan pengecekan gas pendingin disetiap inspeksi secara periodik.

- d. Pada alat turbin dengan mode kegagalan pada *turbine rotor case*, rekomendasi tindakan yang diusulkan adalah dengan melakukan pengecekan FOD/benda asing yang dapat merusak secara berkala.
- e. Pada alat turbin dengan mode kegagalan pada *first stage nozzle*, rekomendasi tindakan yang diusulkan adalah dengan melakukan pengecekan FOD/benda asing yang dapat merusak secara berkala.
- f. Pada alat turbin dengan mode kegagalan pada *second stage turbine*, rekomendasi tindakan yang diusulkan adalah dengan melakukan pengecekan FOD/benda asing yang dapat merusak secara berkala.

2. **Dari Metode FTA :**

- a. Melakukan pengontrolan terhadap pengetahuan pekerja terhadap alat-alat pada sistem turbin gas, dengan misalnya melakukan training.
- b. Pengaturan waktu bekerja para pekerja dan bobot pekerjaan.
- c. Melakukan dokumentasi terhadap alat-alat sistem turbin gas yang sering rusak untuk mengetahui umur komponen dapat bertahan sehingga waktu pergantian alat dapat diketahui sebelum alat tersebut mengalami kerusakan.

## DAFTAR REFERENSI

- D. H. Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis : FMEA from Theory to Execution*
- S. Regan, *Risk Management Implementation and Analysis*, dalam AACE International Transactions, 2003, hal 10.
- G. Stoneburner, A. Goguen, A. Feringa, *Risk Management Guide for Information Technology System*, dalam Recommendations of The National Institute of Standards and Technology, National Institute of Standards and Technology, U. S Government Printing Office, Washington, 2001, hal 1.
- T. Bedford dan R. Cooke, *Probabilistics Risk Analysis: Foundations and Methodes*, Cambridge University Press, United Kingdom, 2003, hal 10.
- V.M. Rao Tummala and C.L. Mak, “A *Risk Management Model for Improving Operation and Maintenance Activities in Electricity Transmission Networks*, Palgrave Macmillan Journal, 2001.
- L. Tchankova, *Risk Identification – Basic Stage in Risk Management*, dalam Environmental Management and Health, Emerald, Vol. 13, No. 3, 2002, hal. 290.
- M. Penncock dan Y. Haimes, *Principles and Guidelines for Project Risk Management*, dalam System Engineering, Wiley Periodicals Inc., vol. 5, No. 2, 2002, hal. 90.
- J. Davidson Frame, “*Managing Risk in Organizations: A Guide for Manager*”, San Fransisco, 2003, hal 9
- Institution of Engineers, *Project Management: from Conceptual until Solving Problem*, Engineering Education Australia, 1999, hal 4.

John X. Wang dan Marvin L. Roush, What Every Engineer Should Know About: Risk Engineering and Management, Marcel Dekker Inc., New York, 2000, hal 58-96.

C. Rau Asfahl, Industrial Safety and Health Management, Prentice Hall, 1984, hal 45-50.

Cayman Bussiness System, Failure Mode and Effect Analysis, 1964.com, 2002.

JVC, FMEA Module Training, ISO TS169/49.

J. Andrews, Tutorial Fault Tree Analysis, [www.fault-tree.net](http://www.fault-tree.net), 1998

<http://www.suralaya.com>

