



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS RISIKO KEGAGALAN PEMELIHARAAN PADA PABRIK  
PENGOLAHAN PUPUK NPK GRANULAR  
(STUDI KASUS : PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK)**

**SKRIPSI**

**YUMaida**

**0706166844**

**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS RISIKO KEGAGALAN PEMELIHARAAN PADA  
PABRIK PENGOLAHAN PUPUK NPK GRANULAR  
(STUDI KASUS: PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK)**

**SKRIPSI**

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

**YUMaida  
0706166844**

**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Yumaida**

**NPM : 0706166844**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 21 Juni 2011**





## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Yumaida  
NPM : 0706166844  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Analisis Risiko Kegagalan Pemeliharaan pada Pabrik  
Pengolahan Pupuk NPK Granular (Studi Kasus: PT. Pupuk  
Kujang Cikampek)

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Yadrifil, MSc (  )  
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM (  )  
Penguji : Akhmad Hidayatno, ST., MBT (  )  
Penguji : Armand Omar Moeis, ST., MSc (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala berkah dan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

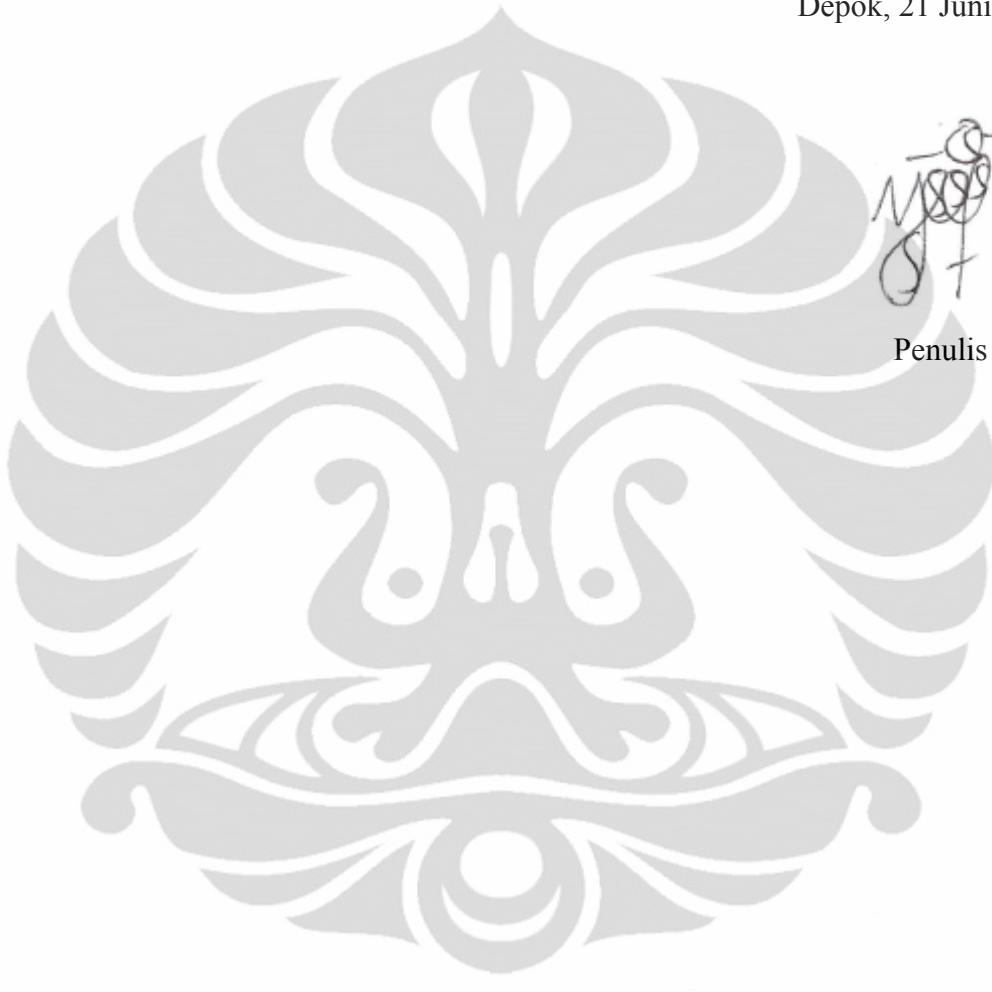
1. Prof. Dr. Ir. Teuku Yuri M.Zagloel,M.Eng.Sc., sebagai Ketua Departemen Teknik Industri, yang telah memberikan dukungan selama proses perkuliahan;
2. Ir. Yadrifil,M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing, yang telah menyediakan waktu dan memberikan begitu banyak perhatian, motivasi, dukungan, serta arahan selama penyusunan skripsi ini;
3. Ir. Hj. Erlinda M., MEE, selaku pembimbing akademis, yang telah memberikan masukan dan dukungan selama menjalani perkuliahan;
4. Para dosen Departemen Teknik Industri, selaku fasilitator dan panutan, yang telah memberikan pengetahuan tiada terkira selama menjalani perkuliahan;
5. Para *expert* di pabrik pupuk NPK Granular yang menjadi objek penelitian, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini, dalam usaha untuk memperoleh data yang diperlukan dan berkenan dengan tulus membagi ide serta pengetahuan yang dimiliki;
6. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
7. Lukman Nurzaman, dan Yuherni, sahabat terbaik, tempat berbagi kisah, yang selalu memberi masukan dan semangat;
8. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu dalam menjalankan perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu dan memperkaya wawasan kita.

Depok, 21 Juni 2011



Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yumaida  
NPM/NIP : 0706166844  
Program Studi : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

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

**Analisis Risiko Kegagalan Pemeliharaan pada Pabrik  
Pengolahan Pupuk NPK Granular  
(Studi Kasus: PT. Pupuk Kujang Cikampek)**

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 21 Juni 2011  
Yang menyatakan



( Yumaida)

## ABSTRAK

Nama : Yumaida  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Analisis Risiko Kegagalan Pemeliharaan pada Pabrik Pengolahan Pupuk NPK Granular (Studi Kasus : PT. Pupuk Kujang Cikampek)

Pemeliharaan merupakan aktifitas penting dalam suatu perusahaan, terutama perusahaan pengolahan pupuk. Pemeliharaan yang baik akan menjamin kelancaran kegiatan operasional. Namun tetap saja, setiap kegiatan operasional dan pemeliharaan yang dilakukan oleh suatu perusahaan tidak akan pernah bisa lepas dari risiko yang mungkin terjadi. Untuk menghindari maupun meminimalisir terjadinya risiko tersebut maka perlu dilakukan analisis risiko. Analisis risiko yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh usulan penanganan risiko kegagalan pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granular. Dengan menggunakan metode FMEA, diperoleh risiko kritis yang kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan FTA untuk memperoleh *basic event* sehingga dapat diusulkan tindakan penanganan risikonya.

Kata kunci:

Pemeliharaan, Manajemen risiko, Analisis risiko, FMEA, FTA



## **ABSTRAK**

Nama : Yumaida  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Analysis of maintenance risk failure in NPK Granular fertilizer processing Factory

Maintenance is the most important activity in a company, and also in fertilizer processing factory. Good quality maintenances will guarantee the process in right way. But the operational process and maintenance process always have risk probability. Risk analysis is needed to avoid and minimize the risk. In my research, the risk analysis is purposed to obtain options in managing risk for NPK Granular fertilizer processing factory. FMEA is used to obtain the risk crisis and FTA is used to obtain the basic event.

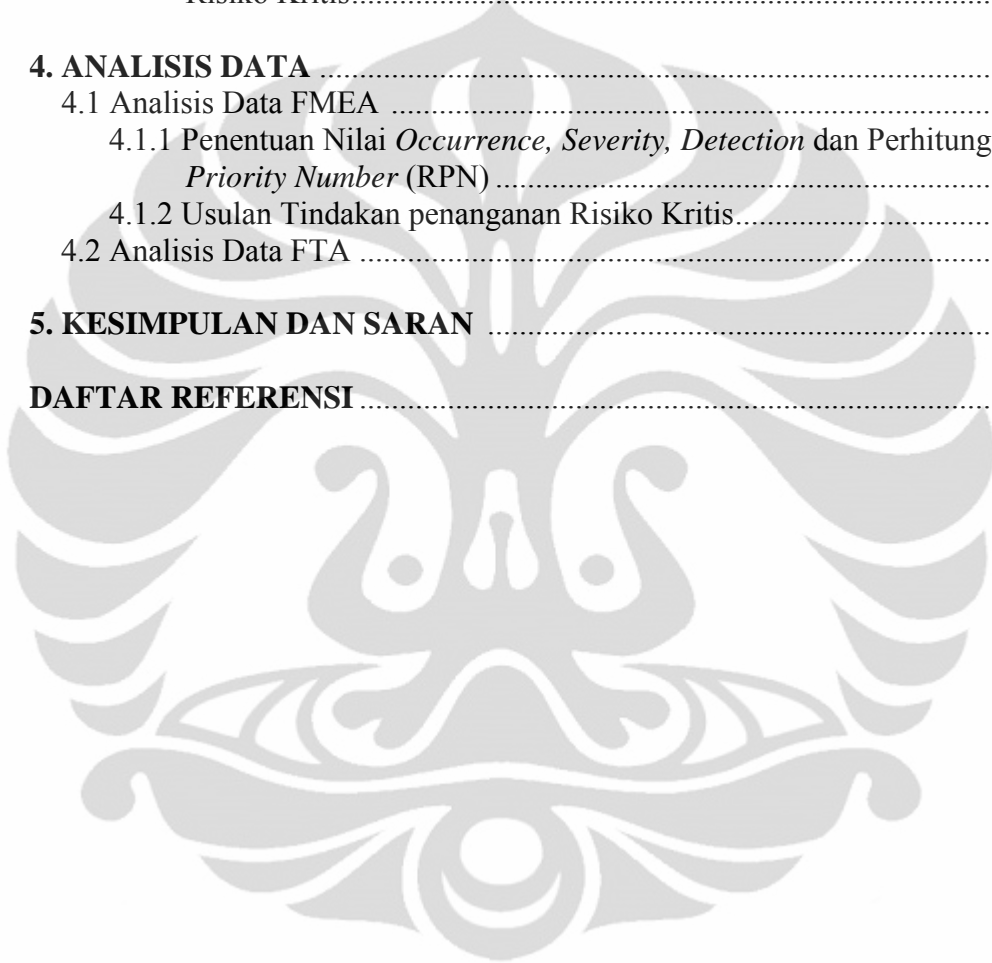
Key Words:

Maintenance, Risk management, Risk analysis, FMEA, FTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
1.3 Rumusan Permasalahan .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Ruang Lingkup Permasalahan .....	4
1.6 Metodologi Penelitian .....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
<b>2. LANDASAN TEORI</b> .....	8
2.1 Pemeliharaan .....	8
2.1.1 Pengertian Pemeliharaan .....	8
2.1.2 Jenis-Jenis Pemeliharaan ( <i>Maintenance</i> ) .....	10
2.2 Risiko .....	12
2.2.1 Klasifikasi Risiko .....	14
2.3 Manajemen Risiko .....	15
2.3.1 Definisi Manajemen Risiko .....	15
2.3.2 Tahapan dalam Manajemen Risiko .....	16
2.3.3 Manfaat Manajemen Risiko .....	21
2.4 FMEA ( <i>Failure Mode Effect Analysis</i> ) .....	22
2.4.1 Pengertian FMEA .....	22
2.4.2 Tipe FMEA .....	25
2.5 FTA ( <i>Fault Tree Analysis</i> ) .....	34
<b>3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA</b> .....	42
3.1 Profil Pabrik .....	42
3.1.1 Sejarah Singkat Pabrik Penghasil Pupuk NPK Granular .....	42
3.1.2 Spesifikasi Produk Bahan Baku NPK Granular.....	43
3.1.3 Spesifikasi Mesin dan Peralatan .....	45
3.1.4 Proses Produksi Pengolahan Pupuk NPK Granular .....	50

3.1.5 RKAP (Rencana Komite Anggaran Produksi).....	53
3.2 Pengumpulan Data Penelitian .....	54
3.3 Pengolahan data .....	57
3.3.1 Pengolahan Data Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) .....	57
3.3.2 Pengolahan Data Menggunakan <i>Fault Tree Analysis Diagram</i> (FTA) dari Risiko Kritis.....	66
<b>4. ANALISIS DATA .....</b>	<b>68</b>
4.1 Analisis Data FMEA .....	68
4.1.1 Penentuan Nilai <i>Occurrence, Severity, Detection</i> dan Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> (RPN) .....	68
4.1.2 Usulan Tindakan penanganan Risiko Kritis.....	70
4.2 Analisis Data FTA .....	72
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>78</b>
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>80</b>



## DAFTAR TABEL

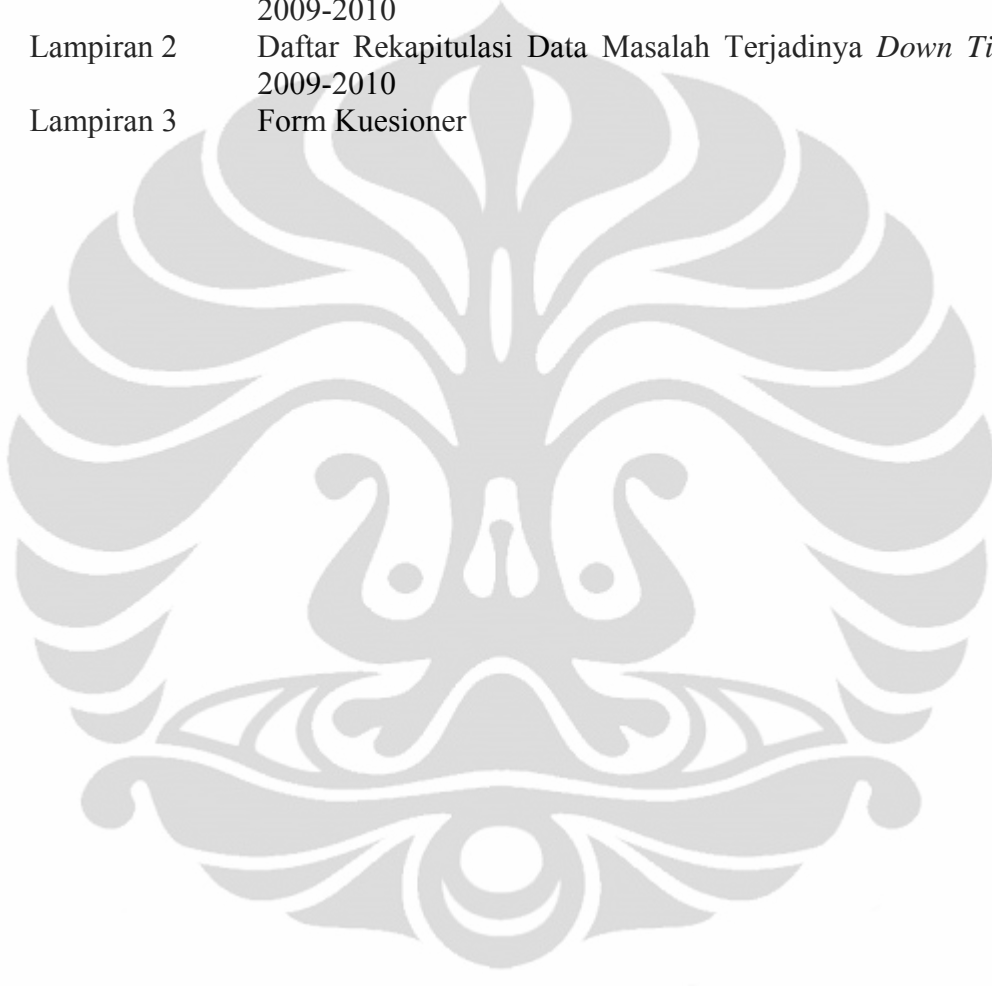
<b>Tabel 2.1</b>	Skala Penilaian untuk <i>Severity</i> .....	31
<b>Tabel 2.2</b>	Skala Penilaian untuk <i>Occurrence</i> .....	32
<b>Tabel 2.3</b>	Skala Penilaian untuk <i>Detectability</i> .....	33
<b>Tabel 2.4</b>	Simbol-Simbol Hubungan dalam FTA .....	37
<b>Tabel 2.5</b>	Simbol-Simbol Kejadian yang Digunakan dalam FTA .....	38
<b>Tabel 3.1</b>	RKAP Pupuk NPK Granular 2010 .....	53
<b>Tabel 3.2</b>	Rekapitulasi Data Masalah Terjadinya <i>Down Time</i> Tahun 2009-2010	54
<b>Tabel 3.3</b>	Rekapitulasi Data Teknis Kegagalan <i>Spare Part</i> Tahun 2009-2010 ...	35
<b>Tabel 3.4</b>	Daftar Risiko, Kemungkinan Penyebab, dan Kemungkinan Efeknya .	60
<b>Tabel 3.5</b>	Daftar <i>Spare Part</i> .....	61
<b>Tabel 3.6</b>	Probabilitas Terjadinya Risiko .....	63
<b>Tabel 3.7</b>	Dampak Akibat Terjadinya Risiko .....	64
<b>Tabel 3.8</b>	Deteksi Terhadap Risiko .....	65
<b>Tabel 4.1</b>	Nilai <i>Occurrence, Severity, Detection</i> , dan RPN untuk Tiap Risiko .	67
<b>Tabel 4.2</b>	Daftar Risiko Kritis .....	68
<b>Tabel 4.3</b>	Daftar Minimal <i>Cut Set</i> Risiko Kritis .....	62

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Diagram Keterkaitan Masalah .....	3
<b>Gambar 1.2</b>	Metode Penelitian .....	5
<b>Gambar 2.1</b>	Risiko, Ketidakpastian, dan Level Informasi .....	13
<b>Gambar 2.2</b>	Risiko Sebagai Fungsi dari Kemungkinan dan Dampak .....	14
<b>Gambar 2.3</b>	Risiko Sebagai Fungsi dari Penyebab dan Petunjuk Keselamatan.....	14
<b>Gambar 2.4</b>	Diagram Risiko US Military Standard .....	19
<b>Gambar 2.5</b>	<i>Fault Tree</i> .....	39
<b>Gambar 3.1</b>	Proses Produksi pengolahan Pupuk NPK Granular.....	49
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram <i>Cause Failure Mode Effect (CFME)</i> .....	58
<b>Gambar 3.3</b>	<i>Pareto Chart</i> Kerusakan <i>Spare Part</i> Mayor.....	61
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Logic Expression</i> Kerusakan <i>Spare Part</i> Mayor .....	70
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Logic Expression</i> Mesin Mati.....	71
<b>Gambar 4.3</b>	<i>Logic Expression</i> Lamanya Proses Perbaikan.....	71
<b>Gambar 4.4</b>	<i>Logic Expression</i> Ketidaktersediaan <i>Spare Part</i> .....	72
<b>Gambar 4.5</b>	<i>Logic Expression</i> Ketidaktersediaan Bahan Baku.....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Daftar Rekapitulasi Data Teknis Kegagalan *Spare Part* Tahun 2009-2010
- Lampiran 2 Daftar Rekapitulasi Data Masalah Terjadinya *Down Time* Tahun 2009-2010
- Lampiran 3 Form Kuesioner



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan ini mencakup gambaran besar yang akan diuraikan dalam penelitian ini, mulai dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi hingga sistematika penulisan dalam penelitian ini. Pembahasan akan dibahas secara komprehensif lagi pada bab berikutnya.

### **1.1 Latar Belakang Permasalahan**

Mesin sebagai salah satu faktor produksi yang sangat menentukan kelancaran suatu proses produksi, maka agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar, perlu adanya kegiatan pemeliharaan mesin. Kegiatan pemeliharaan mesin merupakan kegiatan yang ditujukan untuk menjaga mesin agar selalu dalam kondisi yang baik dan siap dipergunakan dalam proses produksi.

Pada dasarnya semua proses produksi ditujukan untuk menjamin terdapatnya kontinuitas dan koordinasi kegiatan dalam produksinya. Faktor pemeliharaan pabrik merupakan bagian yang sama pentingnya dengan bagian lainnya yang terdapat dalam manajemen produksi. Kegiatan pemeliharaan ini tidak dapat diabaikan begitu saja, karena sebagian besar kegiatan pengolahan yang dilakukan pada proses produksi sebuah perusahaan industri menggunakan mesin. Perusahaan yang melakukan proses produksi tanpa memperhatikan kegiatan pemeliharaan akan menimbulkan risiko kegagalan proses produksi dan dapat menghilangkan masa depan perusahaan itu sendiri, dalam jangka pendek memang seakan-akan perusahaan dapat menelan biaya produksi karena tidak perlu mengeluarkan biaya perawatan yang cukup besar. Akan tetapi dalam jangka panjang perusahaan akan mengalami kesulitan dalam kegiatan proses produksinya, karena mesin yang tidak dipelihara dengan baik akan mengalami banyak masalah seperti kerusakan, kemacetan, bahkan mesin tidak dapat beroperasi sama sekali sehingga membutuhkan biaya yang sangat besar untuk memperbaiki ataupun mengantinya dengan mesin yang baru. Hal ini tidak hanya berdampak

terganggunya kegiatan proses produksi tetapi juga menimbulkan kehilangan keuntungan bagi perusahaan itu sendiri.

PT. Pupuk Kujang adalah anak perusahaan PT Pupuk Sriwidjaja (Holding) yang bergerak dibidang sektor industri dengan produk utama pupuk urea, pupuk NPK, pupuk organik dan amonia. PT. Pupuk Kujang memiliki 5 pabrik, diantaranya adalah 2 pabrik pengolahan pupuk urea, 2 pabrik pengolahan pupuk ammonia dan 1 pabrik pengolahan pupuk NPK.

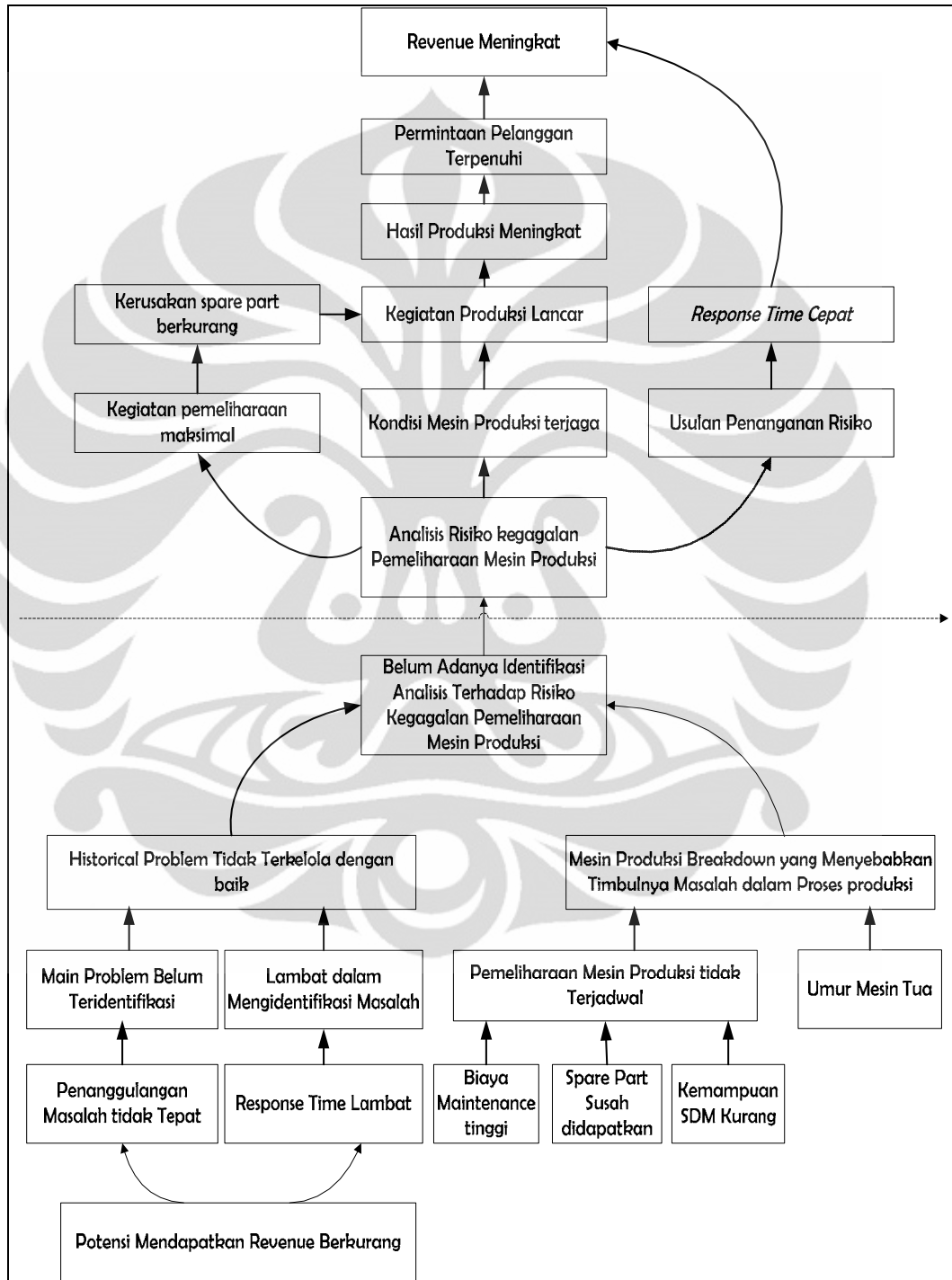
PT. Pupuk Kujang Cikampek merupakan salah satu industri kimia di Indonesia yang aktivitasnya mengelola bahan-bahan kimia menjadi berbagai macam produk dengan produk utamanya adalah pupuk urea. Seiring dengan meningkatnya sektor pertanian di Indonesia diperlukan pula produksi pupuk yang mencukupi, untuk mencapai hal itu diperlukan peningkatan kualitas dan kuantitas produksi pupuk.

Melalui pelaksanaan pemeliharaan yang baik dan berkesinambungan maka fasilitas ataupun peralatan perusahaan dapat digunakan sesuai dengan rencana, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar, dan kemungkinan-kemungkinan kerusakan yang terjadi dapat dikurangi bahkan dapat dihindari.

Mengingat pentingnya pelaksanaan pemeliharaan dalam suatu perusahaan untuk menunjang kelancaran proses produksi, maka penulis tertarik untuk menganalisis risiko kegagalan yang ada dalam sistem pemeliharaan pabrik pengolahan pupuk di PT. Pupuk Kujang Cikampek. Analisis risiko perlu dilakukan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan kemudian menyusun strategi sebagai dasar untuk membangun sistem manajemen risiko yang utuh. Manajemen risiko adalah sebuah proses untuk mengukur atau menilai risiko dan kemudian di kembangkan strategi untuk mengelola risiko tersebut ( G. Stoneburner, A. Goguen, A. Feringa, 2002). Analisis risiko bertujuan untuk meminimalisir risiko yang ada pada sistem pemeliharaan pabrik pengolahan pupuk di PT. Pupuk Kujang Cikampek sehingga nantinya dapat meningkatkan kelancaran proses produksi dan meningkatkan keuntungan bagi perusahaan.



## 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah



**Gambar 1.1.** Diagram Keterkaitan Masalah

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan diagram keterkaitan masalah (Gambar 1.1), pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah adanya risiko pemeliharaan yang terdapat pada pengolahan pupuk NPK & organik pada PT. Pupuk Kujang Cikampek.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengidentifikasi, menganalisis dan menentukan risiko yang kritis dalam kegiatan pemeliharaan pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granular serta mengusulan penanganan dari risiko-risiko tersebut.

### **1.5 Ruang Lingkup Permasalahan**

Dalam penelitian ini perlu diberikan pembatasan masalah kerana kompleksnya data yang ada. Diantaranya adalah sebagai berikut :

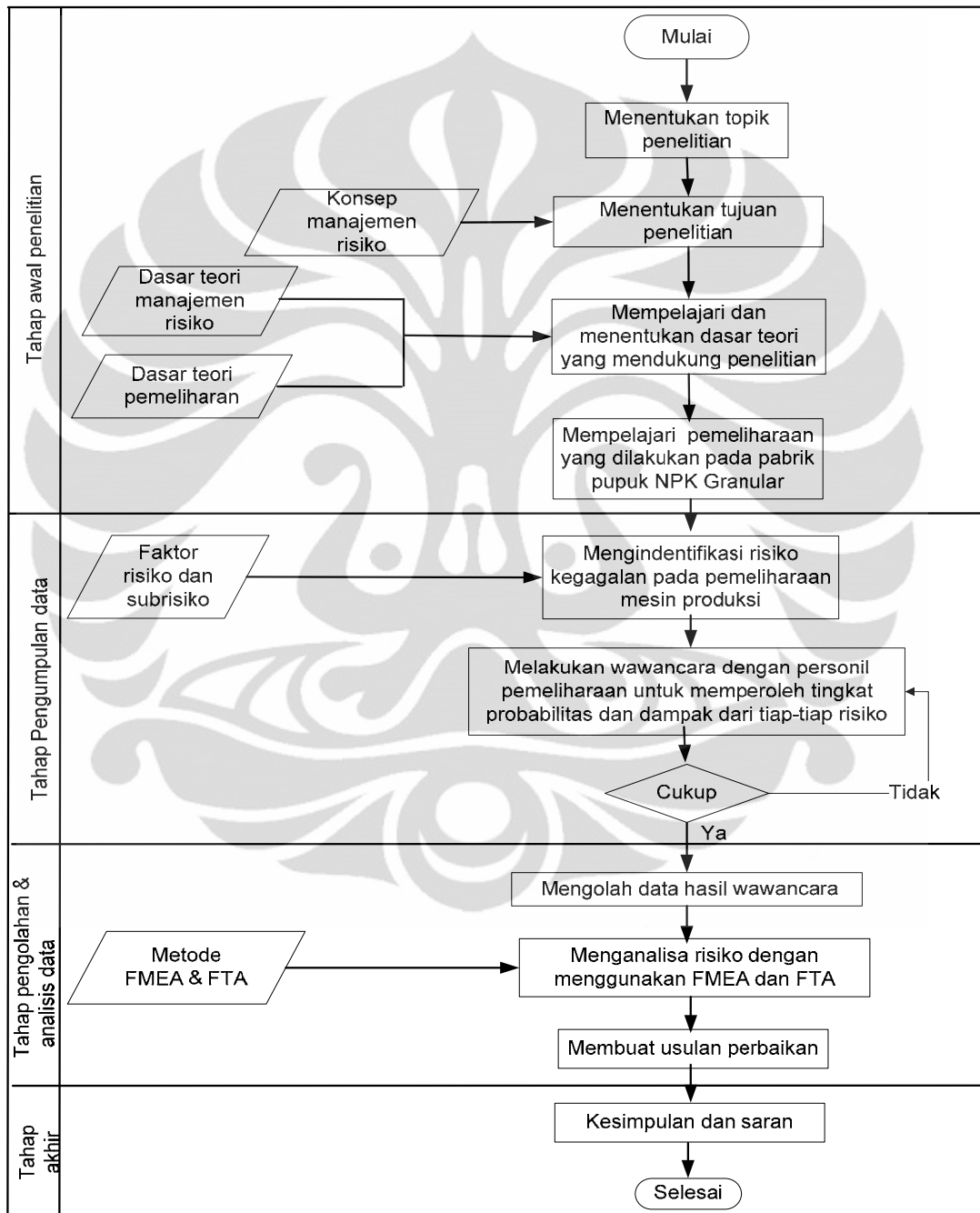
1. Risiko yang ditinjau adalah risiko kegagalan pemeliharaan pabrik pengolahan pupuk NPK & organik PT. Pupuk Kujang Cikampek.
2. Analisis risiko yang dilakukan adalah kegiatan pemeliharaan mulai dari preventive maintenance sampai dengan breakdown maintenance.
3. Responden yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah divisi maintenance.
4. Analisis dan evaluasi risiko yang digunakan untuk risiko pemeliharaan pabrik pupuk NPK & organik adalah Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

### **1.6 Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian dalam penelitian ini terbagi ke dalam empat tahap, antara lain:

1. Tahap awal penelitian
2. Tahap pengumpulan data
3. Tahap Pengolahan dan analisis data
4. Tahap akhir penelitian

Untuk gambaran lebih detail akan digambarkan dalam diagram alir (*flowchart*) pada gambar 1.2.



**Gambar 1.2.** Metodologi Penelitian

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Untuk lebih lebih terstrukturanya penulisan skripsi ini maka selanjutnya sistematika penulisan ini disusun sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan ini akan diuraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup permasalahan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini merupakan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Landasan teori yang dijelaskan meliputi sistem pemeliharaan, risiko, manajemen risiko dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Selain itu bab ini juga akan diuraikan mengenai beberapa metode penilaian resiko yang lain, kelebihan dan kekurangan masing-masing metode.

### **BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini berisikan data-data yang diperlukan dalam penelitian dan telah dikumpulkan melalui tinjauan terhadap dokumen terkait dan wawancara. pengolahan data dilakukan dengan metode FMEA

### **BAB IV ANALISIS DATA**

Bab ini berisi mengenai pengolahan data yang dilakukan beserta hasilnya dengan metode FMEA dan analisa perbaikan dalam pemeliharaan pabrik

### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan rekomendasi atau saran-saran atas hasil yang dicapai dan permasalahan yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian lanjutan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Daftar pustaka memuat semua sumber kepustakaan yang digunakan dalam penelitian, baik berupa buku, majalah, maupun sumber-sumber kepustakaan lainnya.

## **LAMPIRAN**

Memuat keterangan, tabel, gambar, dan hal-hal lain yang perlu dilampirkan untuk memperjelas uraian dalam laporan.



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Pada bab kedua mengenai dasar teori ini akan dipaparkan mengenai teori-teori yang dipergunakan dalam penelitian ini. Dasar teori tersebut meliputi teori mengenai pemeliharaan, risiko, manajemen risiko, *alat identifikasi dan treatment dalam Manajemen Risiko*

#### **2.1 Pemeliharaan**

##### **2.1.1 Pengertian Pemeliharaan**

Pemeliharaan merupakan suatu fungsi dalam suatu perusahaan pabrik yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lain. Setiap perusahaan menginginkan agar dapat menggunakan peralatan dan fasilitas produksinya secara berkelanjutan, karena dengan adanya pemeliharaan yang baik perusahaan dapat mengurangi kerusakan pada fasilitas-fasilitas produksi sehingga perusahaan akan mendapatkan hasil yang optimal karena proses produksi berjalan dengan lancar. Oleh karena itu sangat dibutuhkan kegiatan pemeliharaan yang meliputi kegiatan pemeliharaan dan perawatan mesin yang digunakan dalam proses produksi. Selain itu kegiatan pemeliharaan juga meliputi penggantian komponen yang terdapat pada pabrik, serta melaksanakan kegiatan yang rutin dan berkesinambungan.

Menurut M.S.Sehwarat dan J.S.Narang (2001:7.2) dalam bukunya "Production Management" pemeliharaan (maintenance) adalah:

**“a work undertaken in order to keep or to restore every facility to an acceptable standards (functional and quality standards) “.**

Artinya: pemeliharaan adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar (sesuai dengan standar fungsional dan kualitas).

Menurut Sofjan Assauri (2004:95) pemeliharaan adalah

**“Kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang**

**diperlukam agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang telah direncanakan”.**

Jadi dapat disimpulkan bahwa kegiatan pemeliharaan dilaksanakan untuk merawat ataupun memperbaiki setiap fasilitas atau peralatan perusahaan, agar tercipta suatu kondisi proses produksi yang memuaskan yaitu proses produksi yang efektif dan efisien sesuai dengan telah direncanakan yaitu menghasilkan produk yang berkualitas.

Dalam suatu produksi, pemeliharaan peralatan sangat diutamakan, sebab bahan-bahan yang diproduksi sangat korosif terhadap peralatan, sehingga alat-alat mudah berkarat, akibatnya kerusakan dari peralatan semakin cepat, untuk menghindari atau membatasi kerusakan-kerusakan yang ditimbulkan akibat pengaruh, diperlukan kegiatan pemeliharaan yang maksimal. Menurut Sorjan Assauri (2004:95) tujuan utama fungsi pemeliharaan adalah sebagai berikut:

- a. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
- c. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut
- d. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
- e. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
- f. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama

perusahaan. Yaitu tingkat keuntungan atau *return of investment* yang sebaik mungkin dan total biaya yang rendah.

### **2.1.2 Jenis-jenis Pemeliharaan (*Maintenance*)**

Menurut Anthony corder (1996: 4) dalam buku “ Teknik Manajemen Pemeliharaan” membagi pemeliharaan menjadi:

1. Pemeliharaan darurat (*Emergency Maintenance*) adalah pemeliharaan perlu segera dilaksanakan untuk mencegah akibat serius.
2. Pemeliharaan terencana (*Planned Maintenance*) adalah pemeliharaan yang diorganisir dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya.
3. Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian ( termasuk penyetelan dan resparasi) yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima.
4. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilakukan pada selang waktu yang ditentuka sebelumnya, atau terhadap criteria lain yang diuraikan, dan dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan-kemungkinan bagian-bagian lain tidak memenuhi kondisi yang bisa diterima.
5. Pemeliharaan jalan (*Running Maintenance*) adalah pemeliharaan yang dapat dilakukan selama mesin dipakai.
6. Pemeliharaan berhenti (*Shut Down Maintenance*) adalah pemeliharaan yang hanya dilakukan selama mesin tersebut berhenti beroperasi.
7. Pemeliharaan jangka panjang (*Long Time Maintenance*) adalah pekerjaan pemeliharaan yang juga merupakan pencegahan terhadap kerusakan mesin dan alat-alat yang dibuat secara otomatis atau semi otomatis untuk waktu yang relatif panjang. Dalam hal ini pemeliharaan hanya dilakukan pada saat tertentu saja.
8. Pemeliharaan rutin (*Routine Maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilaksanakan secara rutin atau terus-menerus.
9. Pemeliharaan perkiraan (*Predictive Maintenance*) adalah pemeliharaan pencegahan dengan menggunakan alat-alat sensitif.



Menurut Jay Heizer dan Barry Render (2001:704) dalam bukunya “ Operations Management” kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada suatu pabrik dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu *preventive maintenance* dan *Corrective Maintenance*

#### 1. *Preventive Maintenance*

Menurut Jay Heizer dan Barry Render (2001:704) dalam bukunya “ Operations Management” *Preventive Maintenance* adalah

“ *A plan that involves routine inspections, servicing, and keeping facilities in good repair to prevent failure*”.

Artinya: *Preventive Maintenance* adalah sebuah perencanaan yang memerlukan inspeksi rutin, pemeliharaan dan menjaga agar fasilitas dalam keadaan sehingga tidak terjadi kerusakan dimasa yang akan datang.

Menurut Suryadi Prawirosentono (2001:316) dalam buku “ Manajemen Operasi” analisis dan studi kasus *Preventive Maintenance* adalah

“ Perawatan yang dilaksanakan dalam periode waktu yang tetap atau dengan criteria tertentu pada berbagai tahap produksi. Tujuannya agar produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya”.

Menurut Manahan P. Tampubolon (2004:250) *Preventive Maintenance* adalah

“ Kegiatan pemeliharaan atau perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terduga, yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi”.

Jadi dari beberapa pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa kegiatan pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*) merupakan kegiatan kerusakan pada saat proses produksi. Sehingga setiap fasilitas yang mendapatkan pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*) akan terjamin kelancaran kerjanya karena selalu di usahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat.

#### 2. *Breakdown Maintenance*

Menurut Jay Heizer dan Barry Render (2001:704), *Corrective Maintenance* adalah

“ *Remedial maintenance that occurs when equipment fails and must be repaired on an emergency or priority basis*”.

Artinya: Pemeliharaan ulang yang terjadi akibat peralatan yang rusak dan harus segera diperbaiki karena keadaan darurat atau karena merupakan sebuah prioritas utama.

Menurut Suryadi Prawirosentono (2001:316), pemeliharaan korektif (*Breakdown Maintenance*).

“ Perawatan yang dilaksanakan karena adanya hasil produk (setengah jadi maupun barang jadi) tidak sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya”.

Menurut Manahan P. Tampubolon (2004:251) pemeliharaan korektif (*Breakdown Maintenance*) adalah

“ Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau terjadinya karena kelainan yang terjadi pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak terdapat berfungsi dengan baik”.

Dari berbagai pendapat di atas dapat disimpulkan, bahwa pemeliharaan korektif (*Breakdown Maintenance*) merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan apabila peralatan atau fasilitas produksi mengalami kerusakan atau hasil produk tidak sesuai dengan rencana. Sekilas dapat dilihat bahwa kegiatan *corrective maintenance* jauh lebih murah biayanya dibandingkan dengan mengadakan *Preventive maintenance*. Hal ini karena pemeliharaan korektif (*Breakdown Maintenance*) dilakukan apabila terjadi kerusakan pada fasilitas ataupun peralatan produksi. Tetapi apabila kerusakan terjadi pada fasilitas atau peralatan selama proses produksi berlangsung, maka akibat dari kebijaksanaan pencegahan (*Preventive maintenance*).

Sehingga dalam hal ini perusahaan perlu mempertimbangkan tentang kebijakan yang dilakukan dalam perawatan fasilitas atau peralatannya sehingga efisiensi dalam perawatan dapat terpenuhi.

Menurut Sofjan Assauri (2004:97) maksud dari pemeliharaan korektif (*Breakdown maintenance*) adalah:

“ Agar fasilitas atau peralatan tersebut dapat dipergunakan kembali dalam proses produksi, sehingga proses produksi dapat berjalan kembali dengan lancar”.

Pemeliharaan korektif dimaksud agar kerusakan yang terjadi akibat tidak terpeliharanya peralatan maupun terpeliharanya peralatan namun dari peralatan tersebut yang sudah tua, dapat ditanggulangi sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar kembali.

## 2.2 Risiko

Sebelum mendalami lebih lanjut mengenai risiko, terlebih dahulu pengertian dari risiko ini didefinisikan. Masyarakat umum menilai bahwa risiko merupakan kemungkinan terjadinya sesuatu yang berbahaya/merugikan. Namun beberapa ahli/institusi mendefinisikan risiko sebagai berikut:

- Definisi risiko berdasarkan Shorter Oxford Dictionary of the English Language, “*Danger; the possibility of loss or injury*”
- Australian/New Zealand Standard 4360:1995 Risk Management (1995) mendefinisikan risiko sebagai gabungan antara seberapa sering dan peluang terjadinya sesuatu yang memiliki dampak yang berbahaya pada tujuan yang telah ditetapkan.
- ISO/IEC Guide 73:2002 Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards (2002) menyatakan bahwa risiko merupakan kombinasi probabilitas dari kejadian dan konsekuensinya.

Dari beberapa definisi diatas, risiko dapat diartikan sebagai probabilitas terjadinya suatu kejadian, yang jika terjadi akan memiliki konsekuensi positif atau negatif terhadap suatu kegiatan. Dalam hal ini terjadi perbedaan antara perencanaan suatu kegiatan yang telah direncanakan sebelumnya dengan kejadian aktual yang sebenarnya terjadi. Pengertian risiko sangat erat dengan ketidakpastian (*uncertainty*), namun pada keduanya terdapat perbedaan, yakni risiko memiliki peluang yang lebih besar untuk terjadi dibandingkan ketidakpastian. Perbedaan keduanya terlihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Risiko, Ketidakpastian, dan Level Informasi

(Sumber: J. Davidson Frame, 2003)

Jika kita membuat suatu keputusan dalam kondisi yang berisiko, kita akan mengetahui probabilitas kemungkinan terjadinya risiko tersebut. Hal ini berbeda dengan kondisi ketidakpastian, karena pada kondisi tersebut, kita tidak dapat mengetahui probabilitasnya. Apabila kita mengetahui probabilitas kemungkinan terjadinya suatu kondisi, maka kita memiliki informasi lebih yang tersedia, sehingga dapat membuat keputusan yang lebih baik di dalam kondisi yang berisiko dibandingkan kondisi ketidakpastian. Hal inilah yang membedakan antara risiko dengan ketidakpastian.

Kemungkinan (*likelihood*) dan dampak (*impact*) memiliki kaitan yang erat dengan risiko. Hubungannya dapat dijelaskan sebagai berikut: jika kemungkinan suatu risiko lebih besar terjadi, maka semakin tinggi pula risikonya, dan sebaliknya jika dampak dari risiko yang ditimbulkan tersebut itu semakin besar, maka risiko yang ditimbulkan akan semakin tinggi. Oleh karena itu dapat dikatakan risiko merupakan fungsi dari kemungkinan dan dampak.

$$\text{Risk} = f(\text{Likelihood, impact})$$

**Gambar 2.2** Risiko Sebagai Fungsi dari Kemungkinan dan Dampak

(Sumber: J. Davidson Frame, 2003)

Penyebab risiko (*hazard*) dan petunjuk keselamatan (*safeguard*) juga memiliki kaitan yang erat dengan risiko. Hubungannya dapat dijelaskan sebagai berikut: jika penyebab risiko tidak terdeteksi, semakin tinggi risikonya. Sebaliknya, jika petunjuk keselamatan risiko semakin banyak,

risiko akan semakin kecil. Oleh karena itu dapat dikatakan risiko juga sebagai fungsi dari penyebabnya (*hazard*) dan petunjuk keselamatan (*safeguard*).

$$\text{Risk} = f(\text{Hazard, safeguard})$$

**Gambar 2.3** Risiko Sebagai Fungsi dari Penyebab dan Petunjuk Keselamatan  
(Sumber: J. Davidson Frame, 2003)

### 2.2.1 Klasifikasi Risiko

Menurut buku *Managing Risk in Organization*, risiko dapat diklasifikasikan menjadi:

- **Risiko murni**

Risiko ini hanya mengenal kemungkinan terjadinya bahaya atau kerugian (fokus pada hal-hal negatif saja).

- **Risiko bisnis**

Dalam dunia bisnis, peluang untuk mendapatkan keuntungan sama dengan peluang untuk mendapatkan kerugian. Hal ini menimbulkan risiko yang tinggi. Bahkan seringkali semakin tinggi risikonya, bisnis tersebut semakin diminati oleh beberapa pebisnis, sehingga para pebisnis inilah merupakan seorang *risk taker*.

- **Risiko proyek**

Proyek diliputi oleh banyak risiko karena karakteristiknya sebagai suatu kegiatan yang unik. Terdapat banyak variasi level risiko yang dihadapi oleh proyek, tergantung pada sifat proyek. Proyek yang baru diadakan yang sebelumnya belum pernah dilaksanakan memiliki risiko yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan proyek rutin yang telah dilaksanakan berkali-kali. Karena itulah dilakukan suatu estimasi sebagai unsur penting dalam manajemen risiko. Jika durasi kegiatan tidak diperkirakan dengan akurat, perkiraan biaya melebihi target (*over budget*), atau perkiraan sumber daya yang

diperlukan tidak tepat, hal ini dapat mempengaruhi tujuan dari proyek itu sendiri.

- **Risiko operasional**

Risiko operasional merupakan risiko yang berhubungan dengan kegiatan operasional dalam perusahaan.

- **Risiko teknis**

Ketika suatu kegiatan dilakukan untuk pertama kalinya, risiko tidak memenuhi anggaran, jadwal, atau spesifikasi target merupakan aspek yang sangat krusial. Ini adalah situasi yang sering dialami oleh orang yang bekerja dengan suatu produk yang berteknologi tinggi.

- **Risiko politis**

Risiko politis timbul berdasarkan situasi yang muncul ketika pengambilan keputusan sangat dipengaruhi oleh faktor politik, misalnya dengan mempertimbangkan kebijakan pemerintah yang berlaku.

## **2.3 Manajemen Risiko**

### **2.3.1 Definisi Manajemen Risiko**

Beberapa definisi manajemen risiko menurut beberapa bidang diantaranya:

- Manajemen risiko adalah pendekatan terstruktur untuk mengelola ketidakpastian yang berkaitan dengan ancaman, yang terdiri dari aktivitas-aktivitas penilaian risiko, pengembangan strategi untuk mengatasi risiko yang timbul, serta pengurangan risiko menggunakan sumber daya yang ada (American National Standard, 2004).
- Manajemen risiko proyek adalah proses yang sistematis dalam merencanakan, mengidentifikasi, menganalisis, merespon, dan

mengontrol risiko proyek (*Project Risk Management Handbook*, 2003)

- Manajemen risiko adalah proses mengidentifikasi risiko, menilai risiko, dan mengurangi risiko sampai ke batas wajar (American National Standard, 2004).
- Tujuan utama dari manajemen risiko ialah mengurangi risiko yang potensial dapat terjadi. Menurut buku panduan PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) yang dikeluarkan oleh PMI (*Project Management Institute*), manajemen risiko terdiri dari lima tahapan (American National Standard, 2004), yakni: perencanaan untuk risiko, identifikasi risiko, analisa risiko, tindak lanjut risiko, serta monitoring dan kontroling terhadap risiko. Dengan dilakukannya manajemen risiko, suatu organisasi dapat mengembangkan strategi untuk mengurangi probabilitas terjadinya kejadian yang berisiko serta dampak negatif yang ditimbulkannya.

### **2.3.2 Tahapan dalam Manajemen Risiko**

Untuk proses-proses yang dilakukan dalam manajemen risiko dilakukan dalam beberapa tahap (American National Standard, 2004), yaitu:

#### **Tahap 1: Perencanaan untuk risiko**

Perencanaan risiko merupakan tahapan pembatasan ruang lingkup risiko dan juga penetapan konteks risiko yang akan diteliti. Terdiri dari tiga konteks, yaitu konteks strategis (berkaitan dengan lingkungan luar/eksternal organisasi), konteks organisasi (berkaitan dengan target dan tujuan organisasi atau bersifat internal organisasi), serta konteks manajemen risiko itu sendiri (dalam memdefinisikan manajemen risiko, tujuan dan batasannya, serta dalam mengkatagorikan risiko).

#### **Tahap 2: Identifikasi risiko**

Tahap identifikasi risiko merupakan langkah penting dalam mengetahui keadaan lingkungan internal maupun eksternal organisasi

sehingga dapat menrisiko yang untuk menemukan risiko apa saja yang mungkin ditemukan dapat mempengaruhi kinerja organisasi. Setelah menemukan risiko-risiko tersebut, kemudian dilakukan pengumpulan risiko berdasarkan karakteristiknya.

Menurut buku panduan PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), beberapa metode yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi risiko ialah sebagai berikut:

- Evaluasi dokumentasi
- Teknik Pengumpulan Informasi
  - a. Brainstorming
  - b. *Delphi Technique* (Metode Delphi)

Metode Delphi merupakan salah satu metode dalam mencapai konsensus dari beberapa orang partisipan, dengan cara mereka mengisi kuesioner tanpa menyebutkan nama dengan tujuan untuk mengumpulkan ide-ide tentang risiko yang dapat terjadi. Lalu hasilnya dikumpulkan dan dianalisis sebagai umpan balik. Metode Delphi dapat membantu mengurangi terjadinya bias dalam data dan mencegah seseorang terpengaruh oleh orang lain.

- c. Interview
- d. Identifikasi akar penyebab masalah (*root cause*)

Mengelompokkan risiko berdasarkan penyebabnya, sehingga penanganan risiko yang efektif dapat dikembangkan jika diketahui penyebab masalahnya.

- e. Analisis SWOT

Menemukan risiko yang dapat terjadi dari analisis kelebihan, kelemahan, peluang, dan ancaman suatu organisasi.

- Analisis *Checklist*
- Analisis Asumsi
- Metode Diagram



Penggunaan diagram sebab akibat (*cause and effect diagram*) untuk mengidentifikasi penyebab risiko, diagram alir (*flowchart*) yang menunjukkan suatu proses atau sistem, dan diagram keterkaitan (*influence diagram*) yang merupakan representasi grafis dari situasi yang menunjukkan pengaruh kausal, waktu kejadian, dan hubungan lain antara variabel dan hasilnya.

Hasil dari tahap identifikasi risiko ini ialah daftar risiko, yang menjadi komponen dari rencana manajemen risiko secara keseluruhan.

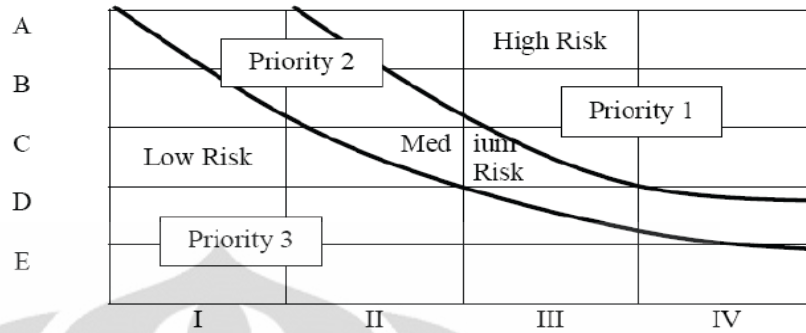
### **Tahap 3: Menganalisis dampak risiko, baik kualitatif maupun kuantitatif**

Menurut buku panduan PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), terdapat 3 prinsip penting dalam melakukan pengukuran risiko, yakni:

- Memastikan terdapat struktur yang jelas dimana unsur probabilitas dan dampak dipertimbangkan dalam setiap risiko
- Merekam pengukuran risiko yang memfasilitasi pengontrolan dan identifikasi dari prioritas risiko
- Memperjelas perbedaan antara *inherent risk* (risiko awal) dan *residual risk* (risiko sisa setelah dilakukannya manajemen risiko)

#### **Analisis Risiko secara Kualitatif**

Analisis risiko kualitatif memprioritaskan risiko yang telah diidentifikasi untuk pengambilan tindakan selanjutnya. Hal-hal yang diperlukan dalam menganalisis dampak risiko secara kualitatif adalah data risiko yang diambil dari data historis perusahaan, rencana manajemen risiko, dan daftar risiko. Hasil akhirnya ialah penggolongan risiko berdasarkan matriks probabilitas dan dampak risiko. Matriks ini dihasilkan dari rating yang diberikan kepada tiap risiko berdasarkan probabilitas dan dampaknya. Pembagian tersebut berguna untuk menyiapkan tindakan yang berbeda dalam penanganan tiap risiko.



**Gambar 2.4** Diagram Risiko US Military Standard

### **Analisis Risiko secara Kuantitatif**

Analisis risiko kuantitatif merupakan proses untuk mengukur dampak secara keseluruhan dengan menggunakan simulasi komputer menghasilkan skenario risiko yang bervariasi. Metode yang diperlukan dalam analisis risiko kuantitatif yaitu:

- Metode pengumpulan data dan metode representasi  
Metode ini dilaksanakan melalui interview, distribusi probabilitas, dan pertimbangan yang berpengalaman
- Metode Analisis Risiko Kuantitatif dan permodelan

#### a. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas membantu menentukan risiko mana yang memiliki dampak yang paling potensial dalam kegiatan.

#### b. Analisis nilai moneter yang diharapkan (*Expected Monetary Value/EMV*)

EMV merupakan konsep statistik yang menghitung hasil rata-rata ketika berada dalam kondisi yang tidak pasti. EMV dihitung dengan cara mengalikan nilai dari tiap hasil yang mungkin dengan probabilitas terjadinya risiko, dan menambahkan nilai keduanya. Penggunaan EMV yang umum adalah pada analisis pohon keputusan.

c. Analisis Pohon Keputusan (*Decision Tree Analysis*)

Analisis pohon keputusan biasanya diatur menggunakan diagram pohon keputusan, yang menjelaskan situasi dan implikasi dari tiap pilihan yang ada dan skenario yang mungkin.

d. Modeling dan Simulasi

Simulasi ini menggunakan model yang menerjemahkan ketidakpastian pada tujuan kegiatan. Simulasi biasanya ditampilkan menggunakan metode Monte Carlo. Dalam simulasi, model dikomputasikan berkali-kali, dengan nilai input diacak dari fungsi distribusi probabilitas yang dipilih untuk tiap iterasi dari distribusi probabilitas dari tiap variabel.

- Beberapa metode lain untuk menganalisis risiko diantaranya adalah Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Value at Risk (VAR), Fault Tree Analysis (FTA), dan HazOp (*Hazard and Operability Study*).

**Tahap 4: Penanganan risiko**

Menurut buku panduan PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), terdapat beberapa strategi yang digunakan untuk penanganan risiko, yaitu:

- **Strategi untuk menghadapi risiko/ancaman negatif**

a. *Tolerate/Acceptance* (Menerima)

Strategi ini digunakan untuk risiko-risiko yang masih dalam batas kewajaran (*risk appetite*), yang tindakan penanganannya masih terbatas, atau yang biaya penanganannya lebih tinggi dibandingkan manfaat yang didapat.

b. *Avoidance* (Menghindari)

Strategi ini merupakan terjadi pada risiko-risiko yang berdampak sangat besar, sehingga tidak ada cara lain kecuali untuk menghindarinya.

c. *Transfer* (Memindahkan)

Merupakan strategi yang memindahkan dampak negatif dari ancaman risiko, bersamaan dengan tanggungjawabnya, kepada pihak ketiga. Contoh dari pemindahan risiko ini adalah asuransi, jaminan, dan garansi.

d. *Mitigate/Treat* (kurangi)

Umumnya risiko ditangani dengan cara ini. Strategi ini bertujuan untuk mengurangi probabilitas dan dampak dari risiko hingga menjadi berada dalam batas yang dapat diterima.

### **Tahap 5: Monitoring dan Pengontrolan Risiko**

Monitoring dan pengontrolan risiko adalah proses mengidentifikasi, menganalisis, dan merencanakan risiko-risiko yang akan muncul, tetap mengawasi daftar risiko yang telah diidentifikasi, menganalisis ulang risiko yang sudah ada, memonitor kondisi pemicu terhadap kemungkinan rencana, mengontrol risiko yang masih ada, dan mengevaluasi keefektifan pelaksanaan penanganan risiko. Menurut buku panduan PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), metode yang dapat digunakan dalam tahap ini adalah reevaluasi risiko dan audit risiko.

### **2.3.3 Manfaat Manajemen Risiko**

- Membuat perencanaan strategis yang lebih efektif sebagai hasil dari meningkatnya pengetahuan dan pemahaman terhadap tingkat eksposur risiko
- Dapat mencegah hal-hal yang tidak diinginkan untuk terjadi
- Pencapaian yang didapatkan lebih efektif dan efisien (dengan penggunaan sumber daya dan servis yang lebih baik)
- Keterbukaan dan transparansi dalam pengambilan keputusan dan proses manajemen
- Lebih siap dalam menerima hasil yang didapatkan

## 2.4 FMEA (Failure Mode Effect Analysis)

### 2.4.1 Pengertian FMEA

FMEA merupakan suatu tools yang sangat *powerful* dalam mengidentifikasi risiko. Tools ini pertama kali dikembangkan sekitar tahun 1950-an oleh para *reliability engineer* yang sedang mempelajari masalah yang ditimbulkan oleh para militer yang mengalami malfungsi. Tools analisis ini lebih menekankan pada *hardware-oriented approach* atau *bottom-up approach*, kerana analisis yang dilakukan dimulai dari peralatan dan meneruskannya ke sistem yang merupakan tingkatan yang lebih tinggi. Metode FMEA dimulai dari mengidentifikasi hal-hal yang bersifat khusus, artinya kita dapat bebas menuliskan risiko-risiko yang mungkin akan muncul akibat produk proses yang terjadi di dalam suatu perusahaan.

FMEA adalah sebuah metode evaluasi kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari sebuah sistem, desain, proses atau service 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. Dalam pengetahuan prioritas risiko, maka control yang dibuat adalah berdasarkan proses yang paling berisiko.

Dalam melakukan analisis FMEA beberapa hal harus diperhatikan, yaitu:

- Setiap permasalahan berbeda dengan yang lainnya, Tidak semua permasalahan mempunyai tingkat kepentingan yang sama. Tanpa melakukan prioritas permasalahan yang mungkin terjadi, perusahaan sering terjebak kepada permasalahan yang mungkin terjadi saat ini juga tanpa melihat kepentingannya. FMEA dibuat untuk membuat prioritas dari permasalahan yang mungkin terjadi. Dengan memprioritaskan 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 menganalisis 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 indentifikasi 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 dilakukan akan statis. FMEA sebaiknya dilakukan untuk tujuan memperbaiki kinerja dan bukan karena hanya kebutuhan dokumentasi semata.

Jadi tujuan pokok dari FMEA adalah untuk mengetahui dan mencegah terjadinya gangguan dengan mengetahui risiko yang mungkin terjadi dan membuat strategi penurunan risiko tersebut. dalam penelitian ini FMEA dilakukan untuk melihat risiko-risiko yang mungkin terjadi pada operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik. Dalam hal ini ada tiga hal yang membantu menentukan dari gangguan antara lain:

- Frekuensi (occurrence)

Dalam menentukan occurrence ini dapat ditentukan seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan pada operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik.

- Tingkat Kerusakan (severity)

Dalam menentukan tingkat kerusakan (severity) ini dapat ditentukan seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan proses dalam hal operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik.

- Tingkat Deteksi ( detection)

Dalam menentukan tingkat deteksi ini dapat ditentukan bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya control yang mengatur jalannya proses. Semakin banyak control dan prosedur yang mengatur jalannya sistem penanganan operasional perawatan dan kegiatan operasional pabrik maka diharapkan tingkat deteksi dari kegagalan dapat semakin tinggi.

Desain (produk) atau proses FMEA dapat menyediakan beberapa fungsi, seperti yang terurai dibawah ini :

- Suatu cara tinjauan sistematis dari komponen kegagalan untuk meyakinkan bahwa kegagalan yang lain menghasilkan kerusakan yang minimal kepada produk atau proses.
- Menentukan efek dari kegagalan apa saja yang ada dalam *item* lain didalam produk atau proses dan fungsinya.
- Menentukan *part* dari produk atau proses dimana kegagalan mempunyai efek kritis dalam produk atau proses operasi, hingga menghasilkan kerusakan yang besar, dan modus kegagalan mana yang akan membangkitkan efek kerusakan.
- Mengkalkulasikan peluang kegagalan dalam perakitan, sub-perakitan, produk, dan proses dari peluang kegagalan individual dari tiap komponennya dan perencanaan dari tiap bagian tersebut. Sejak komponen memiliki lebih dari satu modus kegagalan, peluang merupakan satu hal yang pasti didalam seluruh jumlah dari total peluang modus kegagalan.
- Menetapkan program pengujian yang dibutuhkan untuk menentukan modus kegagalan dan tingkat data yang tidak tersedia dari sumber lain.
- Menetapkan program pengujian yang dibutuhkan untuk verifikasi keandalan prediksi secara empirik.
- Menyediakan data masukan untuk menjual studi, menetapkan perubahan yang efektif dalam usulan produk atau proses atau untuk menentukan efek modifikasi yang mungkin terhadap produk atau proses yang sedang berlangsung.
- Menentukan bagaimana tingkat kegagalan komponen yang tinggi dari suatu produk atau proses dapat diadaptasi untuk komponen yang memiliki keandalan tinggi, redundansi atau keduanya.
- Menghilangkan atau meminimasi efek yang kurang baik .
- Membantu membongkar kelalaian, kesalahan pertimbangan, dan error yang mungkin dibuat.

- Membantu mengurangi peningkatan waktu dan biaya dari proses manufaktur dengan cara menghilangkan modus kegagalan sebelum operasi atau proses dan dengan cara melakukan tes yang tepat untuk membuktikan desain produk.
- Menyediakan pelatihan untuk pekerja baru.
- Membuat jalur kemajuan proyek.
- Berkomunikasi dengan profesional lainnya yang mempunyai permasalahan yang sama.

#### **2.4.2 Tipe FMEA**

Ada beberapa tipe FMEA diantaranya lebih sering digunakan dibandingkan yang lainnya. Tipe-tipe FMEA tersebut adalah:

##### **2.4.2.1 FMEA Sistem**

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

FMEA Sistem memfokuskan diri pada modus kesalahan atau kegagalan potensial dan fungsi-fungsi suatu sistem yang disebabkan ketidakpastian/defisiensi sistem tersebut. Termasuk didalamnya hubungan antara sistem dan elemen-elemen dan sistem tersebut. Perangkat ini sering dirancang dan berbagai alternatif yang disediakan.

Jadi FMEA sistem ini berfokus pada moda kegagalan yang berhubungan dengan fungsi sistem yang disebabkan oleh defisiensi (kelemahan) desain, termasuk didalamnya interaksi sistem dengan sistem lain dan interaksi antara elemen sistem.

##### **2.4.2.2 FMEA Desain**

FMEA design adalah sebuah teknik analisis berdasarkan design dari engineering/team yang memuat modus kegagalan potensial penyebab kegagalan mekanis yang muncul dalam proses tersebut. Masing-masing item dari semua sistem yang ada, sub sistem dan semua komponen harus dievaluasi. Secara sistematis



pendekatan dilakukan secara parallel, formal dan semua dokumen yang terkait dengan para engineer yang melalui beberapa desain proses.

Desain potensial FMEA mendukung proses lain dalam mengurangi risiko kegagalan oleh:

- Dapat membantu mengevaluasi secara objektif dari desain, termasuk persyaratan fungsional dan desain alternative.
- Evaluasi inisial desain untuk manufaktur, perakitan, service dan siklus dari *requirement*.
- Tambahkan probabilitas dari modus kegagalan potensial dari efek dari sistem selama proses pengembangan desain.
- Sediakan informasi tambahan untuk membantu rencana desain yang efisien, pengembangan dan validasi.
- Rancang ranking dari modus kegagalan potensial berdasarkan efek yang ditimbulkan pada konsumen.
- Sediakan untuk menyerap isu-isu, untuk rekomendasi dan risikonya untuk mengurangi aksi.
- Sediakan referensi untuk masa depan untuk membantu analisis, evaluasi perubahan desain dan pengembangan desain sudah *final*.

*FMEA design* disebut juga *living* dokumen dan awal untuk:

- Dapat mengetahui sebelum atau saat konsep *design* sudah *final*.
- Dapat melanjutkan updating terhadap perubahan atau penambahan informasi yang terkandung dalam pengembangan produk.
- Dapat melengkapi kekurangan sebelum gambar proses produksi dibuat.

FMEA desain juga tidak hanya menitik beratkan pada proses kontrol untuk mengatasi kelemahan potensial dari desain, tetapi juga menganalisa pertimbangan batasan teknik/fisik dari proses produksi/perakitan. Intinya FMEA desain berfokus pada defisiensi desain.

### 2.4.2.3 Proses FMEA

FMEA proses adalah sebuah teknik analisis proses *manufacture* atau perakitan dimana didalamnya memuat modus kegagalan potensial dan penyebab kegagalan mekanis yang muncul pada proses produksi tersebut. Masing-masing item dari semua sistem yang ada, sub sistem dan semua komponen harus dievaluasi. Secara sistematis pendekatan dilakukan secara paralel, formal dan semua dokumen yang terkait dengan para *engineering* yang melalui beberapa desain proses.

FMEA proses berguna untuk:

- Mengidentifikasi fungsi dari proses dan *requirement*,
- Mengidentifikasi potensial produk dan hubungan antara proses dengan modus kegagalan,
- Menaksirkan efek kegagalan potensial pada konsumen,
- Mengidentifikasi potensial dari proses produksi atau perakitan penyebab dan mengidentifikasi variable proses yang berfokus pada mengurangi tingkat *occurrence* atau deteksi dari kondisi gagal,
- Mengidentifikasi variable proses yang mana berfokus pada proses kontrol,
- Mengembangkan ranking dari modus kegagalan potensial yang didapat dari prioritas dari system untuk pencegahan pertimbangan aksi yang diambil,
- Dokumentasi dari hasil proses produksi atau proses perakitan.

FMEA proses adalah sebuah *living* dokumen dan sebagai awal untuk:

- Sebelum atau saat tahap kelayakan proses,
- Prioritas *tooling* untuk produksi,
- Pengambilan laporan semua proses produksi, dari bentuk per part komponen sampai proses perakitan.

Pada tahap awal dan analisis dari peninjauan kembali proses yang meningkatkan proses, pemecahan ulang atau monitor potensial proses yang focus pada tahap rencana proses produksi kedalam model baru atau komponen program. FMEA proses berasumsi bahwa produk yang telah didesain merupakan bagian dari FMEA desain. Modus kegagalan potensial dapat terjadi karena desain mempunyai kelemahan yang

mungkin masih terdapat didalam FMEA proses. Efek dari kegagalan dan pencegahannya sudah dijabarkan dalam FMEA desain. FMEA proses tidak sepenuhnya percaya bahwa perubahan desain produk dapat meng atasi kelemahan proses. Intinya FMEA proses berfokus pada potensial moda kegagalan yang disebabkan oleh defisiensi proses manufaktur.

#### **2.4.2.4 Prosedur FMEA**

Bentuk kegiatan FMEA tidaklah baku. Setiap perusahaan memiliki bentuknya masing-masing untuk mencerminkan kepentingan organisasi dan permasalahan pada pelanggan. Arahan criteria nilai setiap perusahaan mencerminkan kepentingan organisasi, proses, produk dan kebutuhan pelanggan.

Menurut Robin, Raymond dan Michael (1996) langkah-langkah dalam pembuatan FMEA adalah sebagai berikut:

1. Mereview proses

Meriview proses atau merancang nama atau kode proses yang sesuai. Suatu proses dapat memiliki lebih dari satu fungsi. Fungsi dapat digolongkan menjadi dua kategori, yaitu fungsi primer dan fungsi sekunder. Fungsi primer adalah fungsi utama yang diinginkan dari suatu proses. Fungsi ini antara lain meliputi kecepatan proses, output dan kualitas hasil proses. Sedangkan fungsi sekunder adalah fungsi tambahan yang diharapkan ketika fungsi primer telah terpenuhi. Fungsi sekunder antara lain meliputi: faktor keamanan, keyamanan dan ekonomi.

2. Brainstorm risiko potensial

Melakukan brainstorming risiko potensial dengan bagian maintenance dengan tujuan mengetahui kegagalan yang terjadi pada perusahaan tersebut. Kegagalan yang dimaksud adalah ketidakmampuan sistem dari suatu poduk atau proses untuk menjalankanfungsinya sesuai dengan standar kinerja yang diinginkan pemakai. Moda kegagalan adalah kejadian yang menyebabkan suatu kegagalan fungsi. Moda kegagalan

proses adalah suatu komponen ditolak karena karakteristik komponen yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknisnya.

3. Membuat daftar risiko, penyebab dan efek potensial

Membuat daftar risiko yang didapat dari perusahaan dan apa penyebabnya beserta efek potensialnya, yang mana efek potensial dari suatu kegagalan adalah konsekuensi kegagalannya untuk proses, operasi, produk, pelanggan atau aturan pemerintah dimasa mendatang.

4. Menentukan tingkat severity

Menentukan tingkat severity dari setiap risiko, yang mana *severity* adalah sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada suatu komponen yang berpengaruh pada suatu hasil kerja mesin yang dianalisa atau diperiksa.

5. Menentukan tingkat occurrence

Menentukan tingkat occurrence dari setiap risiko, yang mana *occurrence* adalah sebuah penilaian dengan tingkatan tertentu dimana adanya sebuah sebab kerusakan secara mekanis yang terjadi pada mesin tersebut. Dari angka/tingkatan *occurrence* ini dapat diketahui kemungkinan terdapatnya kerusakan dan tingkat keseringan terjadinya kerusakan mesin.

6. Menentukan tingkat detection

Menentukan tingkat detection dari setiap risiko, yang mana detection merupakan suatu pembobotan kemungkinan bahwa current process control yang diusulkan akan maupun mendeteksi moda kegagalan potensial sebelum bagian atau komponen meninggalkan area operasi manufaktur atau lokasi perakitan.

7. Menghitung RPN

Menghitung RPN yang mana RPN merupakan hasil perkalian *severity* (*S*), *occurrence* (*O*), dan *detection*, dimana persamaan matematisnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$RPN = (S) \times (O) \times (D)$$

8. Membuat prioritas risiko untuk di tidaklanjuti

Membuat prioritas risiko untuk di tidaklanjuti, apabila nilai RPN nya tinggi, maka risiko tersebut ahdrus ditindaklanjuti, agar risiko tersebut tidak terulang lagi, tetapi dalam tahap ini ada kemungkinan risiko yang memiliki *risk risiko* dan RPN di atas nilai kritis memiliki prioritas untuk di tidaklanjuti, yang mana nilai kritis tersebut didapatkan dari meriview RPN pareto. Ada risiko yang memiliki *risk risiko* yang tinggi tetapi karena dapat diantisipasi terlebih dahulu maka nilai dateksi yang kecil sehingga nilai RPN menjadi rendah. *Risk risiko* dan RPN harus selalu dievaluasi kembali karena kedua hal tersebut memiliki tujuan yang berbeda.

9. Mengambil tindakan untuk merangurangi atau menghilang risiko tertinggi risiko kritis. Setelah mengidentifikasi risiko kritis,dalam langkah ini tim harus memikirkan mengenai strategi respon risiko sepperti pencegahan, transfer, mengurangi dan menerima serta dokumentasi tindakan yang akan diambil.
10. Menghitung hasil RPN sebagai risiko yang akan di kurangi atau di hilangkan. Langkah ini dilakukan apabila kegiatan untuk mengurangi risiko kritis.

**Table 2.1** Skala Penilaian untuk *Severity*

Ranking	Akibat/Effect	Kriteria Verbal	Akibat pada Produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan apa-apa, tidak memerlukan penyesuaian.	Proses berada dalam kendali tanpa melaku-kan penyesuaian peralatan
2	Akibat sangat ringan	Mesin tetap beroperasi dengan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti. Akibat hanya dapat diketahui oleh operator yang berpengalaman.	Proses berada dalam pengendalian , hanya membutuhkan sedikit penyesuaian.
3	Akibat ringan	Mesin tetap beroperasi dengan aman, hanya ada sedikit gangguan. Akibat diketahui oleh rata-rata operator.	Proses telah berada diluar kendali,beberapa penyesuaian diperlukan

4	Akibat minor	Mesin tetap beroperasi dengan aman, namun terdapat gangguan kecil. Akibat diketahui oleh semua operator.	Kurang dari 30 menit Down- time atau tidak ada Down-time sama sekali
5	Akibat moderat	Mesin tetap beroperasi normal, namun telah menimbulkan beberapa kegagalan produk. Operator merasa tidak puas karena tingkat kinerja ber-kurang.	30-60 menit downtime
6	Akibat signifikan	Mesin tetap beroperasi dengan aman, tetap menimbulkan ke-gagalan produk. Operator me-rasa sangat tidak puas dengan kinerja mesin.	1-2 jam downtime.
7	Akibat major	Mesin tetap beroperasi dengan aman, tetapi tidak dapat dijalan-kan secara penuh. Operator merasa sangat tidak puas	2-4 jam downtim
8	Akibat ekstrem	Mesin tidak dapat beroperasi dan telah kehilangan fungsi utamanya.	4-8 jam downtime.
9	Akibat serius	Mesin gagal beroperasi, serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja.	Lebih besar dari 8 jam downtime
10	Akibat berbahaya	Mesin tidak layak dioperasikan, karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba, dan hal ini bertentangan dengan peraturan keselamatan kerja..	Lebih besar dari 8 jam downtime.

Sumber: Peter S. Pande, 2000

**Table 2.2** Skala Penilaian untuk *Occurrence*

Ranking	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Kegagalan	Ppk
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	Lebih dari 10.000 jam operasi mesin	< 0,55
2	Remote	Kerusakan jarang terjadi	Lebih dari 10.000 jam operasi mesin	≥ 0,55

3	Sangat sedikit	Kerusakan yang terjadi sangat sedikit.	3001-6000 jam operasi mesin	$\geq 0,78$
4	Sedikit	Kerusakan yang terjadi sedikit	2001-3000 jam operasi mesin	$\geq 0,86$
5	Rendah	Kerusakan yang terjadi pada tingkat rendah.	1001-2000 jam operasi mesin	$\geq 0,94$
6	Medium	Kerusakan yang terjadi pada tingkat medium	401-1000 jam operasi mesin	$\geq 1,00$
7	Agak tinggi	Kerusakan yang terjadi agak tinggi.	101-400 jam operasi mesin	$\geq 1,10$
8	Tinggi	Kerusakan yang terjadi tinggi.	1-100 jam operasi tinggi	$\geq 1,20$
9	Sangat tinggi	Kerusakan yang terjadi sangat tinggi	2-10 jam operasi mesin	$\geq 1,30$
10	Hampir selalu	Kerusakan selalu terjadi.	Kurang dari 2 jam operasi mesin	$\geq 1,67$

Sumber: Peter S. Pande, 2000

**Table 2.3** Skala Penilaian untuk *Detectability*

Ranking	Akibat	Kriteria verbal
1	Hampir pasti	Perawatan preventif akan selalu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
2	Sangat tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
3	Tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
4	Moderately high	Perawatan preventif memiliki kemungkinan “moderately High” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
5	Moderate	Perawatan preventif memiliki kemungkinan “moderate” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
6	Rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinana rendah untuk mampu

		mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
7	Sangat rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan.
8	Remote	Perawatan preventif memiliki kemungkinan “remote” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
9	Very remote	Perawatan preventif memiliki kemungkinan “very remote” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
10	Tidak pasti	Perawatan preventif akan selalu tidak mampu untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

Sumber: Peter S. Pande, 2000

Penggunaan FMEA ini memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan.

Kelemahannya:

- FMEA ini menghasilkan *brainstorming* yang tidak terstruktur karena dimulai dari hal-hal yang bersifat umum.
- Tidak bisa mendeteksi *failures modes* yang bersifat simultan.
- Nilai RPN dapat saja bersifat subjektif.
- Terlalu banyak memakan waktu dan *resources*.

Akan tetapi meskipun demikian FMEA analysis ini memberikan banyak kelebihan, antara lain:

- Dapat memasukan hampir semua risiko karena merupakan hasil *brainstorming*
- Dapat mempertimbangkan risiko-risiko dalam jumlah besar
- FMEA ini memberikan penggunaanya continuous improvement karena menggunakan prinsip PDCA (*Plan Do Check Action*)
- Dapat berlaku baik proses maupun produk dari suatu perusahaan
- Dapat mempertimbangkan “*human error*” dalam membuat identifikasi terhadap risiko.



## 2.5 FTA (Fault Tree Analysis)

Teknik untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) dari suatu system dengan memakai FT (*fault tree*) diperkenalkan pertama kali pada tahun 1962 oleh *Bell Telephone Laboratories* dalam kaitannya dengan studi tentang evaluasi keselamatan sistem peluncuran *minuteman missile* antar benua. Boeing company memperbaiki teknik yang dipakai oleh *Bell Telephone Laboratories* dan memperkenalkan program komputer untuk melakukan analisis dengan memanfaatkan FT baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif.

*Fault Tree Analysis* (FTA) ini biasanya digunakan untuk melihat reabilitas dari suatu produk. *Fault Tree* disini bersifat *Top-Down* artinya analisa yang dilakukan dimulai dari kejadian umum (kerusakan secara umum) selanjutnya penyebabnya (khusus) dapat ditelusuri ke bawahnya. FTA ini merupakan *tools* yang sederhana dan *powerful* untuk melakukan pendekatan terhadap reabilitas dan keamanan (*safety*) dari suatu produk.

Sebuah *fault tree* mengilustrasikan keadaan dari komponen sistem (*basic event*) dan hubungan antara basic event dan TOP event. Simbol grafis yang dipakai untuk menyatakan hubungan disebut gerbang logika (logika gate). Output dari sebuah gerbang logika ditentukan oleh event yang masuk ke gerbang tersebut.

FTA menggunakan langkah-langkah terstruktur dalam melakukan analisis pada sistem. Adapun langkah-langkah FTA, yaitu:

1. Mengidentifikasi kejadian/peristiwa terpenting dalam sistem (*top level event*)

Langkah pertama dalam FTA ini merupakan langkah penting karena akan mempengaruhi hasil analisis sistem. Pada tahap ini, dibutuhkan pemahaman tentang sistem dan pengetahuan tentang jenis-jenis kerusakan (*undesired event*) untuk mengidentifikasi akar permasalahan sistem. Pemahaman tentang sistem dilakukan dengan mempelajari semua informasi tentang sistem dan ruang lingkungannya.

2. Membuat pohon kesalahan.

Setelah permasalahan terpenting teridentifikasi, langkah berikutnya adalah

menyusun urutan sebab akibat pohon kesalahan. Pada tahap ini, *cause and effect diagram (Ishikawa)* dapat digunakan untuk menganalisis kesalahan dan mengeksplorasi keberadaan kerusakan-kerusakan yang tersembunyi.

Pembuatan pohon kesalahan dilakukan dengan menggunakan simbol-simbol *Boolean*. Standarisasi simbol-simbol tersebut diperlukan untuk komunikasi dan konsistensi pohon kesalahan.

### 3. Menganalisis pohon kesalahan.

Analisis pohon kesalahan diperlukan untuk memperoleh informasi yang jelas dari suatu sistem dan perbaikan-perbaikan apa yang harus dilakukan pada sistem. Tahap-tahap analisis pohon kesalahan dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

#### a. Menyederhanakan pohon kesalahan.

Tahap pertama analisis pohon kesalahan adalah menyederhanakan pohon kesalahan dengan menghilangkan cabang-cabang yang memiliki kemiripan karakteristik. Tujuan penyederhanaan ini adalah untuk mempermudah dalam melakukan analisis sistem lebih lanjut

#### b. Menentukan peluang munculnya kejadian atau peristiwa terpenting dalam sistem (*top level event*).

Setelah pohon kesalahan disederhanakan, tahap berikutnya adalah menentukan peluang kejadian paling penting dalam sistem. Pada langkah ini, peluang semua input dan logika hubungan digunakan sebagai pertimbangan penentuan peluang.

#### c. Mereview hasil analisis.

Review hasil analisis dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perbaikan yang dapat dilakukan pada sistem.

*Output* yang diperoleh setelah melakukan FTA adalah peluang munculnya kejadian terpenting dalam sistem dan memperoleh akar permasalahan sebabnya. Akar permasalahan tersebut kemudian digunakan untuk memperoleh prioritas perbaikan permasalahan yang tepat pada sistem.

Grafik enumerasi akan menggambarkan bagaimana kerusakan bisa terjadi, penggambaran grafik enumerasi menggunakan simbol-simbol *boolean*. Grafik enumerasi ini merupakan pohon kesalahan (*fault tree*) yang akan dianalisis berdasarkan peluang masing-masing penyebab kesalahan. Grafik enumerasi disebut pohon kesalahan (*fault tree*) karena susunannya seperti pohon, yaitu mengerucut pada satu kejadian serta semakin ke bawah dipecah menjadi cabangcabang kejadian yang lain.

Kelebihan FTA dapat terlihat dengan jelas, karena *tools* ini dapat digunakan untuk kualitatif dan kuantitatif analisis. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kuantitatif

Metode kuantitatif pada FTA ini menggunakan probabilitas. Jadi kita dapat menentukan mana risiko yang harus diprioritaskan berdasarkan probabilitas kejadian yang terbesar.

2. Kualitatif

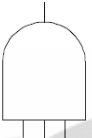
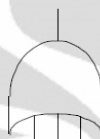

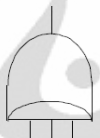

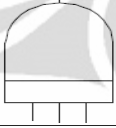
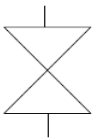
Metode ini menggunakan Boolean, makudnya dalam menentukan prioritas risiko dapat digunakan *shortcut minimum* yang biasa kita analisa menggunakan fungsi “and” dan “or”. Meskipun bersifat kualitatif tetapi kita tidak perlu menggunakan *ranking* di FTA, sehingga subjektifitas dapat dikurangi.

Simbol-simbol dalam FTA dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Simbol-simbol *gate*.

Simbol *gate* digunakan untuk menunjukkan hubungan antar kejadian dalam sistem. Setiap kejadian dalam sistem dapat secara pribadi atau bersama-sama menyebabkan kejadian lain muncul. Adapun simbol-simbol hubungan yang digunakan dalam FTA dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Simbol-Simbol Hubungan dalam FTA

No	Simbol Gate	Nama dan keterangan
1		<i>And gate. Output event terjadi jika semua input event terjadi secara bersamaan.</i>
2		<i>OR gate. Output event terjadi jika paling tidak satu input event terjadi.</i>
3		<i>k out of n gate. Output event terjadi jika pali</i>
4		<i>Exclusive OR gate. Output event terjadi jika satu input event, tetapi tidak keduanya terjadi.</i>
5		<i>Inhibit gate. Input menghasilkan output jika conditional event ada.</i>
6		<i>Prioroty AND gate. Output event terjadi jika semua input event terjadi baik dari kanan maupun kiri</i>
7		<i>NOT gate. Output event terjadi jika input event tidak terjadi</i>




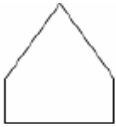
Sumber: Blanchard, 2004

## 2. Simbol-Simbol Kejadian (*event*)

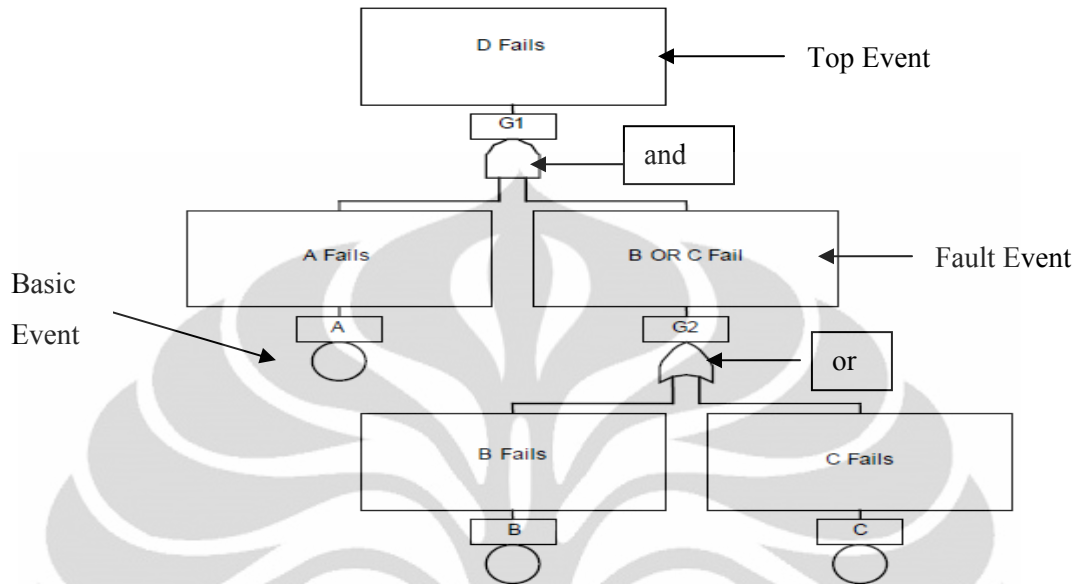
Simbol kejadian digunakan untuk menunjukkan sifat dari setiap kejadian dalam sistem. Simbol-simbol kejadian ini akan lebih memudahkan kita

dalam mengidentifikasi kejadian yang terjadi. Adapun simbol-simbol kejadian yang digunakan dalam FTA, yaitu:

**Tabel 2.5** Simbol-simbol kejadian yang digunakan dalam FTA

No	Simbol	Keterangan
1		<i>Ellipse</i> Gambar <i>ellipse</i> menunjukkan kejadian pada level paling atas ( <i>top level event</i> ) dalam pohon kesalahan.
2		<i>Rectangle</i> Gambar <i>rectangle</i> menunjukkan kejadian pada level menengah ( <i>intermediate fault event</i> ) dalam pohon kesalahan.
3		<i>Circle</i> Gambar <i>circle</i> menunjukkan kejadian pada level paling bawah ( <i>lowest level failure event</i> ) atau disebut kejadian paling dasar ( <i>basic event</i> ).
4		<i>Diamond</i> Gambar <i>diamond</i> menunjukkan kejadian yang tidak terduga ( <i>undeveloped event</i> ). Kejadian-kejadian tak terduga dapat dilihat pada pohon kesalahan dan dianggap sebagai kejadian paling awal yang menyebabkan kerusakan
5		<i>House</i> Gambar <i>house</i> menunjukkan kejadian <i>input</i> ( <i>input event</i> ) dan merupakan kegiatan terkendali ( <i>signal</i> ). Kegiatan ini dapat menyebabkan kerusakan.

Sumber: Blanchard, 2004



**Gambar 2.5** *Fault Tree*

Sumber : *Fault Tree Handbook with Aerospace Applications*

FTA digambarkan dalam bentuk hirarki. Pada bagian atas terdapat *top event*. *Top event* ini merupakan suatu kejadian yang tidak diinginkan. Selanjutnya setelah *top event* di bawahnya akan ada *fault event* yang lain. *Fault event* ini ada beberapa jenis, diantaranya:

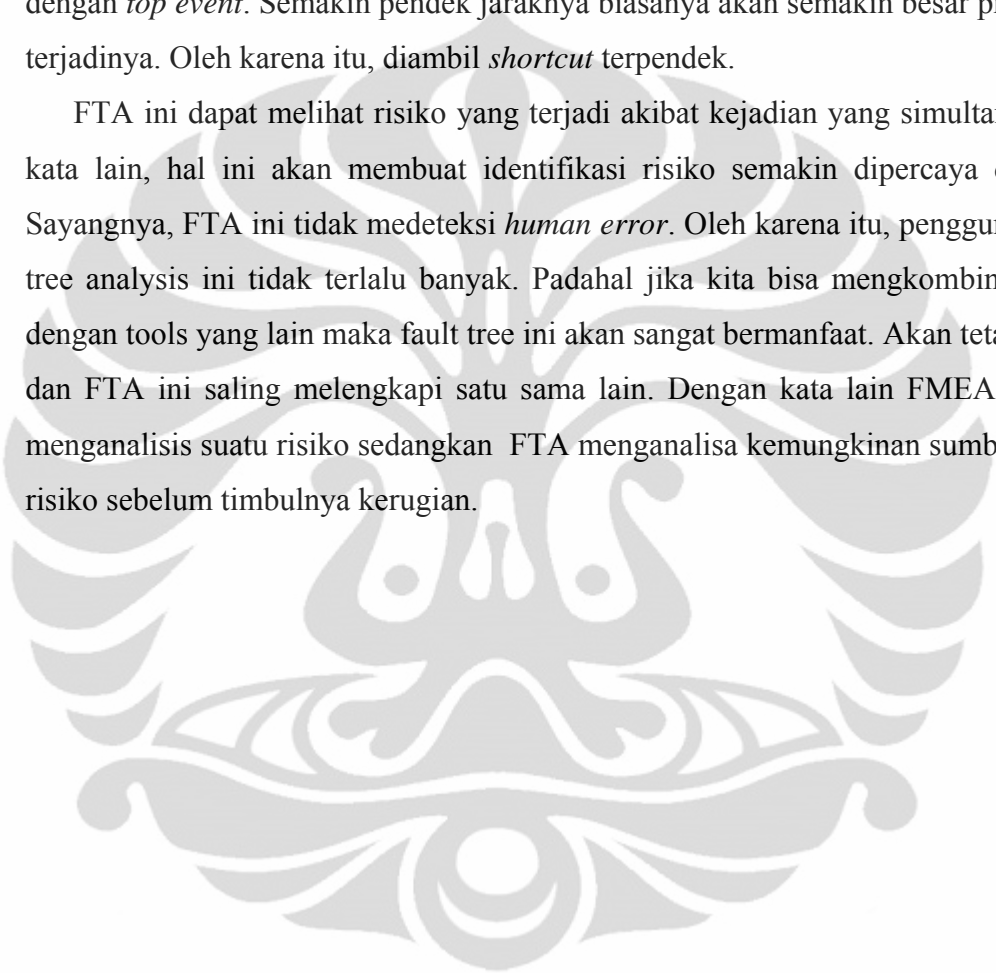
1. *Primary Faults* adalah kesalahan yang terjadi akibat kerusakan pada komponen itu sendiri yang rusak
2. *Secondary Faults* adalah kesalahan yang terjadi akibat komponen berada pada kondisi yang tidak tepat namun komponen tersebut tidak rusak
3. *Command faults* adalah kesalahan yang terjadi akibat komponen berada pada waktu dan tempat yang salah

Selanjutnya setiap *fault* ini akan saling terhubung secara horizontal dengan hubungan “*and*” atau “*or*”. Jika hubungan yang terjadi antara dua kejadian adalah “*and*” berarti kejadian di atasnya baru dapat terjadi jika kedua kejadian dibawah

terjadi, namun jika penghubungnya adalah “*or*” maka kejadian di atasnya dapat terjadi jika salah satu kejadian di bawahnya terjadi.

Pada FTA yang paling penting bagi penggunaannya adalah menemukan *shortcut minimum*. *Shortcut minimum* ini merupakan jarak terpendek antara *primary fault* dengan *top event*. Semakin pendek jaraknya biasanya akan semakin besar probabilitas terjadinya. Oleh karena itu, diambil *shortcut* terpendek.

FTA ini dapat melihat risiko yang terjadi akibat kejadian yang simultan. Dengan kata lain, hal ini akan membuat identifikasi risiko semakin dipercaya dan valid. Sayangnya, FTA ini tidak mendeteksi *human error*. Oleh karena itu, penggunaan Fault tree analysis ini tidak terlalu banyak. Padahal jika kita bisa mengkombinasikannya dengan tools yang lain maka fault tree ini akan sangat bermanfaat. Akan tetapi FMEA dan FTA ini saling melengkapi satu sama lain. Dengan kata lain FMEA ini untuk menganalisis suatu risiko sedangkan FTA menganalisa kemungkinan sumber-sumber risiko sebelum timbulnya kerugian.



## **BAB III**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ketiga dalam penelitian ini membahas mengenai sejarah singkat pabrik penghasil pupuk NPK granul, pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian, dan pengolahan data penelitian menggunakan metode FMEA dan FTA. Data-data tersebut meliputi data historis down time pabrik dan data wawancara.

#### **3.1 Profil Pabrik**

##### **3.1.1 Sejarah Singkat Pabrik Penghasil Pupuk NPK Granular**

Pasokan pupuk NPK nasional dipastikan terus bertambah seiring beroperasinya pabrik pupuk NPK Granular milik PT Pupuk Kujang (Persero). Pupuk NPK merupakan produk diversifikasi PT Pupuk Kujang yang pada awalnya hanya memproduksi pupuk urea. Potensi PT Pupuk Kujang untuk melakukan diversifikasi usaha ke arah produk pupuk NPK tersebut sangat besar karena ditunjang oleh ketersediaan bahan baku utama yaitu Urea yang jumlahnya cukup besar yaitu 1.140.000 ton/tahun.

Pabrik NPK Granular ini dibangun dengan pola swakelola oleh PT Pupuk Kujang sendiri yang melibatkan pemasok peralatan dari China serta didukung oleh Sub Kontraktor lokal. Manajemen proyek ditangani sendiri oleh PT Pupuk Kujang sehingga jaminan kinerja pabrik dapat dikontrol oleh PT Pupuk Kujang. Untuk itu PT Pupuk Kujang terlibat aktif sejak masa perancangan hingga saat konstruksi pabrik. Pembangunan pabrik melibatkan 30 orang karyawan PT Pupuk Kujang dan 350 orang dari sub kontraktor.

Dengan lokasi strategis PT Pupuk Kujang yang berada di tengah-tengah sentra pertanian yang besar di Jawa Barat, dan dekat dengan Jawa Tengah sebagai sentral Tanaman Pangan dan Holtikultura serta Pulau Sumatera dan Kalimantan sebagai sentra Perkebunan Kelapa Sawit. Atas dasar tersebut PT Pupuk Kujang merencanakan pemasaran produk NPK Granular Kujang pada sektor perkebunan



serta hortikultura di Jawa Barat, Jawa Tengah, Sumatera dan Kalimantan Barat. Khusus untuk perkebunan, dengan semakin berkembangnya perkebunan kelapa sawit dan tanaman lain untuk bahan baku biofuel, maka sektor tersebut menjadi salah satu target utama pasar pupuk NPK Kujang.

Tanggal 23 Desember 2009 Menteri Negara BUMN, Dr.Ir. Mustafa Abubakar meresmikan pabrik NPK Granular PT Pupuk Kujang yang berlokasi di Kawasan Industri Kujang Cikampek. Pabrik NPK Granular dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 ton/tahun tersebut selesai dalam kurun waktu 14 bulan terhitung dari bulan 23 April 2008 sampai dengan Juli 2009 dengan total nilai investasi sebesar Rp 55 milyar. Teknologi yang digunakan berupa steam granulation dengan bahan baku terdiri dari urea, ZA, MAP, DAP, phosphate rock, KCl, ZK, micronutrient, organics, serta filler.

Dalam *Road Map* Pengembangan Industri Pupuk Nasional, pemerintah menyebutkan bahwa kebutuhan pupuk NPK pada tahun 2009 sebesar 1,4 juta ton dan terus meningkat hingga 23,20 juta ton pada tahun 2025.

### 3.1.2 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku NPK Granular

Spesifikasi produk NPK Granular adalah sebagai berikut :

Ukuran : 2-4 mm

Kekerasan : > 10 N

*Moisture* : 2%wt maksimal

Spesifikasi bahan baku NPK Granular yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

#### a. Urea

Rumus kimia :  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Ukuran : 1-3,35 mm(97%)

Densitas : 1,32 g/cm<sup>3</sup>

*Moisture* : Max 0,5 %

*Melting point* : 132,7-135°C

Bentuk : Prill

Kadar nitrogen : 46%

Penyimpanan : Penyimpanan urea harus pada karung tertutup dan disimpan dalam tempat yang sejuk, kering, dan ventilasi cukup karena urea bersifat

higroskopis. Urea harus dijauhkan dari senyawa-senyawa asam nitrat, sodium nitrit, hipoklorit dan fosfor pentaklorida.

b. DAP (*Diammonium Phosphate*)

Rumus kimia :  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

*Moisture* : Maks 1,5%

Kadar nitrogen : 18%

Ukuran : 2-4 mm

Kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  : 46%

Temperature dekomposisi : 155C

c. Penyimpanan : Untuk penyimpanan DAP (*Diammonium Phosphate*) harus di hindari dari temperature yang ekstrim, jika terdekomposisi akan melepaskan oksida fosfor, oksida nitrogen dan amonia. Hindarkan kontak dengan bahan-bahan alkaline. Bersifat korosif pada besi dan baja ringan, alumunium, seng, dan tembaga.

d. MAP (*Monoammonium Phosphate*)

Rumus kimia :  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Kadar Nitrogen : 10%

*Melting Point* : 160-165°C

*Moisture* : maks 5%

Kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  : 50%

Bentuk : powder

Penyimpanan : MAP akan terdekomposisi pada temperature 155°C, bila dipanaskan hingga temperatur dekomposisi akan melepaskan ammonia. Simpan di tempat yang kering dan cukup ventilasinya.

e. Potasium Chloride

Rumus kimia : KCl

*Moisture* : maks 1 %

Kadar  $\text{K}_2\text{O}$  : 60%

Bentuk : powder

Ukuran : Standar mesh 100-16

(150 $\mu\text{m}$ -1,18 mm)95%

*Melting point* : 775°C

f. Penyimpanan : Potasium Chloride harus disimpan pada tempat kering, sejuk dan ventilasi cukup. Jauhkan dari oksidator, asam kuat dan basa.

g. Kieserite

Kadar MgO : min 27%

Rumus kimia :  $\text{MgSO}_4$

*Moisture* : Maks 1 %

Titik leleh : 1120-1150°C

Ukuran : USA standard mesh 18-6 (1-3,35 mm) 90%

h. Penyimpanan : Kieserite harus disimpan di tempat sejuk dan jauhkan dari bahan-bahan yang mudah terbakar, herbisida dan fungisida.

i. *Clay*

Komposisi kimia :

$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

*Melting point* : 1760°C

Penyimpanan : bahan ini tidak stabil. Jauhkan dari bahan-bahan oksidator, asam, dan alkali.

*Moisture* : maks 5%

Bentuk : powder

j. *Humite*

*Water solubility* : 95%

*Potassium Humates/fulvates* : 60-65%

*Potassium as Humates/fulvates* : 9%

*Nitrogen as Humates/Fulvates* :

0,1 %

*Sulfur as Humates /fulvates* : 0,3%

*Total Organic Carbon ©* : 43,1 %

pH : >8

Ukuran partikel : 80 mesh

k. Penyimpanan : Jauhkan *Humite* dari sinar matahari. Simpan pada tempat yang kering dengan temperatur di atas -10°C dan di bawah 45°C.

l. *Coating Oil*

Titik leleh : 40-80°C

*Drop point* : 35°C Min

Impuritas : 0,062 %

S.g pada 80°C : 0,8-0,9

*Moisture/H<sub>2</sub>O* : 0,15 % maks

Bentuk : Pasta kuning

### 3.1.3 Spesifikasi Mesin dan Peralatan

#### 3.1.3.1 Granulator

Pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granul, mesin granulator terdiri dari unit shell, unit transmisi, unit roda penggerak, unit roda penggerak dengan penahan, unit perpipaan, *discharging box*. Unit transmisi dilengkapi dengan motor 75 kW dan dihubungkan dengan reducer menggunakan fluid coupling dan kemudian ke pinion transmisi menggunakan *cross slippery block coupling*. Tautan antara pinion dan gear besar pada unit *shell* akan menggerakkan *shell* dengan kecepatan putaran 10,7 putaran/menit. Unit shell merupakan bagian utama dari granulator dimana terjadi proses granulasi material. Unit ini menggunakan material *lining type* baru untuk menghindari terjadinya adhesi material, sehingga mengurangi proses penghilangan material yang menempel di dinding granulator dengan *scraper* sebagaimana pada proses granulasi pada umumnya. Unit *shell* didukung oleh unit *riding wheel* dan *riding wheel with retainer*. Sepasang *riding wheel unit* dan *riding wheel unit with retainer* ini akan mencegah *shell* bergerak secara aksial ketika *shell* berputar. Sistem perpipaan memasok *steam* untuk proses granulasi. *Discharging box*/kotak keluaran menjaga keluaran granulator selalu seragam dan stabil. Unit ini juga dilengkapi saluran untuk mengalirkan gas buang yang dilengkapi dengan sebuah *flange*.

Granulasi : sesuai dengan persyaratan proses, serbuk partikel padat akan tergranulasi karena adanya gaya ekstrusi yang dihasilkan dari rotasi *shell* dan pada kondisi fase cair tertentu misalnya karena adanya injeksi *steam*, akan membuat reaksi kimia menjadi sempurna dan memberikan panas, sehingga serbuk partikel akan teraglomerasi membentuk *nucleus*, permukaannya senyawa terus-menerus akan mengikat lebih banyak serbuk partikel dan volumenya meningkat membentuk partikulat NPK. Injeksi steam, water dan urea solution dipasang membelok 45° searah putaran Granulator.

#### 3.1.3.2 Dryer

Pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granul, mesin dryer digunakan untuk sistim pengeringan pada proses produksi pupuk majemuk. Setelah granulasi, produk akhir yang berupa butiran masuk ke *dryer* melalui pipa pemasukan. Karena adanya kemiringan/*slope* dan perputaran pada *shell*, butiran produk akan berputar juga dengan kecepatan tertentu. Juga karena naik dan turunnya shovel, butiran produk akan berputar panas dengan udara panas dan secara berangsur-angsur bergerak ke ujung pengeluaran. Kemudian masuk ke *discharging* unit. *Rotary drum dryer* memiliki unit pengumpan, unit *shell*, unit transmisi, *unit riding wheel*, *unit riding wheel* dengan *retainer*, unit *seal*/katup, unit *discharge*.

Unit *riding wheel* dengan *retainer* menyokong unit *shell* dengan ban bagian depan dan belakang. Unit transmisi menggerakkan *shell* berputar dengan gear besar yang terpasang pada *shell*. Alat ini memiliki jalan keluar yang baik dan canggih, udara panas pada pipa masuk *box* pengumpan. Material masuk *shell* melalui *discharging tube* kemudian ke *flier* area dengan sejenis papan yang berbentuk heliks. Pada *flier* area, di bolak-balik secara konstan dengan arah melingkar dan memencar sehingga terjadi pergerakan longitudinal. Kemudian material akan berputar panas dengan udara panas dari pipa yang masuk *shell*.

Untuk mempermudah dalam perbaikan dan pembersihan *shell*, ada *manhole* pada *box* pengumpanan dan pengeluaran. Agar lebih memperjelas operasi *dryer*, buka lubang/celah pada pitu perbaikan pada *discharging* unit (unit pengeluaran). Pada dua ujung sambungan pengumpanan dan pengeluaran, terdapat *seal* dengan tipe *fish scale*. Karena tekanan udara di *shell* normal atau sedikit negatif, unit *seal* dapat mencegah udara panas *overflow* dan menembus keluar.

### 3.1.3.3 Cooler

Pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granul, mesin *drum cooler* terdiri dari tangki, roda pendukung (*supporting wheel*), penggerak (*driver*), trust, box pemasukan material (*material entrance box*), *box* pengeluaran material (*material exit box*) dan sistim perpipaan pendukung (*supporting piping system*). Tangki dilas dengan lembaran baja *roll* (*rolled steel plate*), ada beberapa macam *corkscrew* papan

pendorong material di depan tangki dan 2 papan pemisah pada bagian akhir. Di kedua sisi, terdapat *box* pengumpanan material dan *box* pengeluaran material. Pada sisi pengumpanan material terdapat pipa pendukung yang terhubung dengan *cyclone*. Dua ring baja pada *holder* roda depan dan belakang dipasang di luar tangki. Juga terdapat *shielding wheel (trust)* di atas *holder*. Di dekat roda pendukung belakang terdapat gear besar. Motor elektrik pada *cooler* membuat tangki/drum dapat bergerak melingkar sesuai penggerak.

Tangki berakhir pada sisi pengeluaran material. Material (semi produk bersuhu tinggi) dari *dryer* dikirim ke *cooler* melalui *box* pengumpanan material. Kemudian, material dan udara dari luar saling bercampur. Sehingga dapat menurunkan panas dan suhu material. Udara menjadi panas pada saat itu juga sehingga tujuan berhasil yaitu menurunkan suhu. Udara lembab dengan suhu tinggi akan dialirkan ke dust-system oleh sistem pipa pembantu (*assistant piping system*).

#### **3.1.3.4 Coater**

Pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granul, mesin *drum coater* terdiri dari tangki, *supporting wheel*, *driver*, *trust*, *material entrance box*, *material exit box*, *barrel of heating liquid* dan *supporting insulating system*. Tangki merupakan hasil pengelasan dari lembaran baja (*rolled steel plate*). Ada *box* pengumpanan dan pengeluaran di kedua sisi pengumpanan. Dua ring baja melingkar menyangga *holder* roda depan dan belakang dipasang di luar tangki. Juga terdapat *shielding wheel (trust)* pada *holder*. Di bagian tangki di dekat *supporting wheel* belakang terdapat gear besar. *Electrical motor* memutar tangki melalui *driver*.

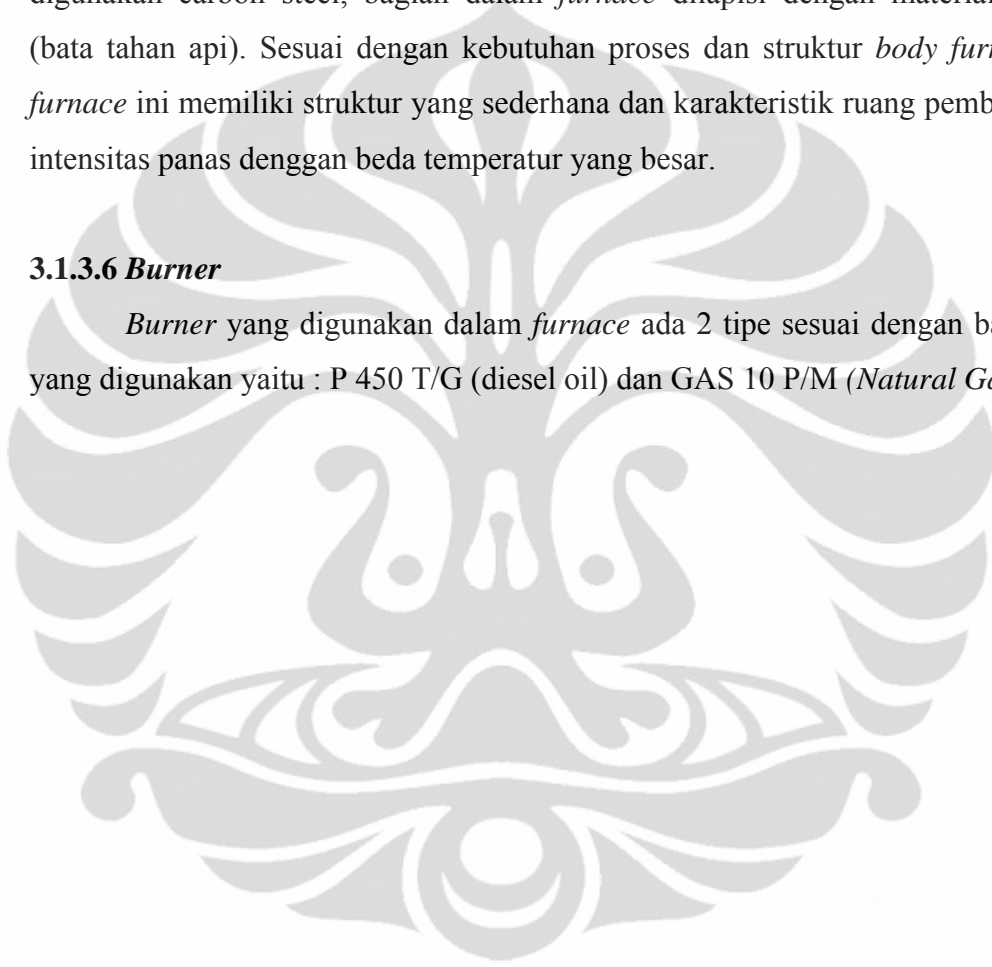
Tangki berakhir pada sisi pengeluaran material. Material dari *cooler* atau *screen* dikirim ke *coater* melalui *material entrance box*. Material akan berputar dengan putaran tangki dan terkena gaya gravitasi dan momen inersia. Material yang terlapis akan turun dari atas tangki, mengalir ke bawah melalui alur melingkar sedikit demi sedikit. Pada saat itu juga, percikan oli/minyak bertekanan tinggi dari *nozzle* bercampur dengan semi produk. Produk yang telah dilapisi akan menjadi produk yang *well-proportioned* kemudian produk akan keluar dari *coater tank*.

### **3.1.3.5 Hot Air Furnace**

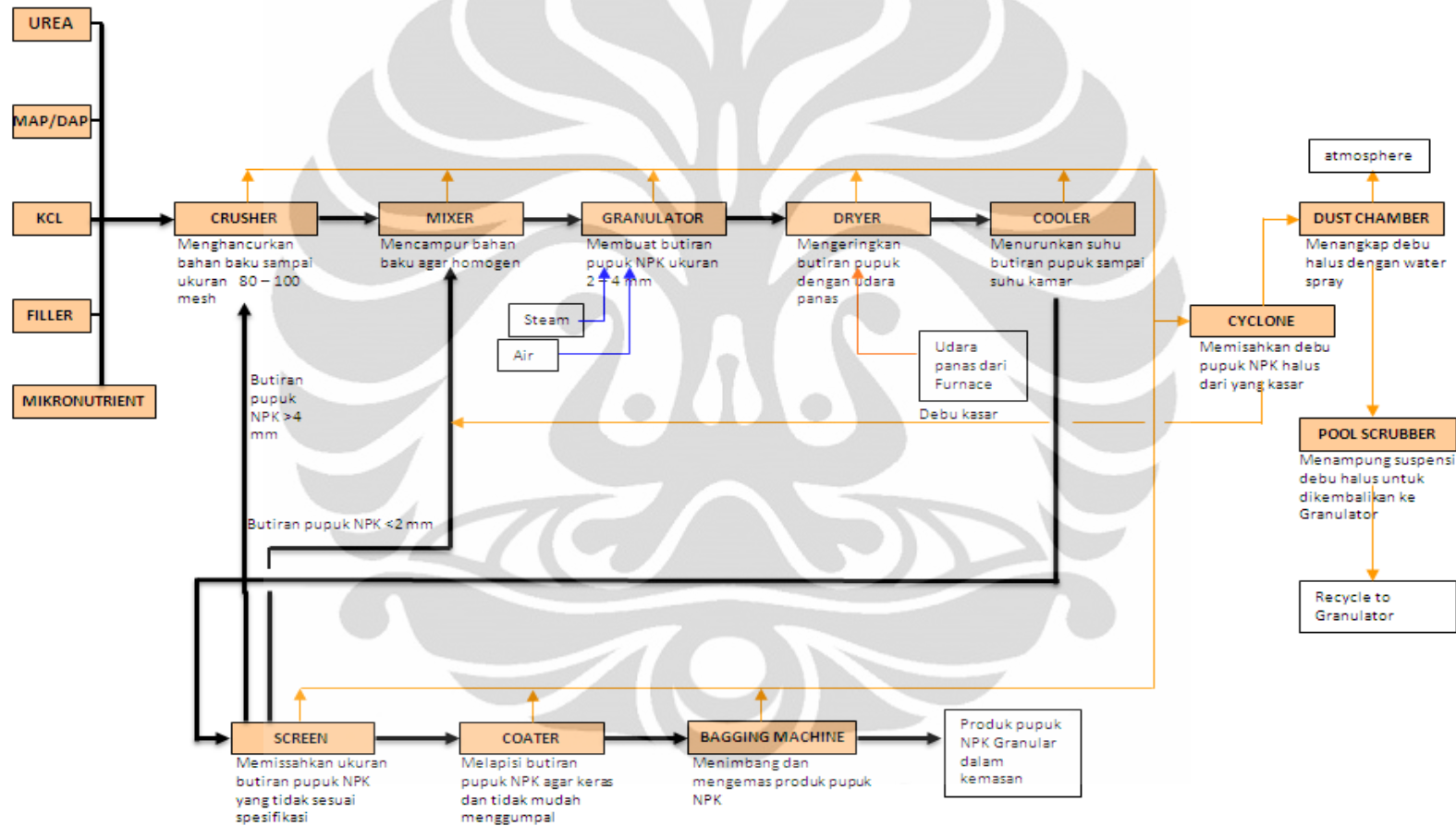
Pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granul, mesin *hot air furnace* adalah *furnace* silindris dan horizontal yang terdiri dari *body inner* dan *outer*. Material yang digunakan carbon steel, bagian dalam *furnace* dilapisi dengan material refraktori (bata tahan api). Sesuai dengan kebutuhan proses dan struktur *body furnace*, *body furnace* ini memiliki struktur yang sederhana dan karakteristik ruang pembakar untuk intensitas panas dengan beda temperatur yang besar.

### **3.1.3.6 Burner**

*Burner* yang digunakan dalam *furnace* ada 2 tipe sesuai dengan bahan baker yang digunakan yaitu : P 450 T/G (diesel oil) dan GAS 10 P/M (*Natural Gas*)



### 3.1.4 Proses Produksi Pengolahan Pupuk NPK Granul



Gambar 3.1 Proses Produksi Pengolahan Pupuk NPK Granular



Proses produksi pupuk NPK Granular terdiri dari : pengumpanan material, granulasi, pengeringan, pendinginan, *screen* (pengayakan), *crushing* (pemecahan), *recycle*, *coating* (pelapisan) dan sesi *bagging* (pengantongan).

### 1. Proses Pengumpanan Material

DAP Granule akan dihancurkan (*di-crush*) dan ditimbang kemudian masuk sesi pengumpanan (*feeding*). Untuk bubuk DAP atau MAP tidak memerlukan penghancuran tetapi ditimbang langsung dan masuk pengumpanan. Ada 2 metode pengumpanan urea :

- a. Padatan urea akan dihancurkan dan ditimbang kemudian masuk pengumpanan. Material yang diumpankan adalah padatan urea.
- b. Solid (padatan) urea tidak perlu penghancuran akan segera langsung dan dikirim ke tangki urin kemudian urine dipompakan ke granulator. Material yang diumpankan adalah urea cair atau larutan urea. Material padat yang lain akan ditimbang secara langsung dan masuk ke *feeding* (pengumpanan). *Weigher conveyor* yang digunakan adalah sistim penimbang dinamis dan dikontrol secara otomatis. Material akan diumpankan ke granulator sesuai dengan proporsi formula.

### 2. Proses Granulasi

Proses granulasi terjadi di granulator material padat yang telah ditimbang dan material *recycle* masuk ke granulator dengan *steam*, air dan urea solution (larutan urea). Material dalam granulator akan tergranulasi, menjadi material *granule* basah dengan diameter 1 mm, 2-4 mm dan lebih besar dari 5 mm. Material ini kemudian akan masuk ke *dryer*.

### 3. Proses Pengeringan

Gas alam atau *diesel oil* (minyak diesel) digunakan sebagai sumber panas untuk menyuplai udara panas ke *dryer*. Material *granule* dari granulator akan dikeringkan oleh udara panas di dalam *dryer*. Suhu dan kapasitas alir udara panas akan dikontrol secara otomatis oleh *furnace controller*. Agar efisiensi pengeringan naik, bagian *dryer* yang diangkat dipasang pada bagian dalam *dryer* dan *knocker* dipasang di luar *dryer* untuk anti kerak di dalam drum. Pada sesi ini, akan dipasang

separator (pemisah) *dryer cyclone* dan *section fan*. Untuk menghisap udara basah dan debu, sehingga kelembaban dan debu pada semi-produk akan berkurang saat masuk *cooler*. Udara buang (*tail gas*) *dryer* akan di-treatment di sistem *de-duster*.

#### 4. Proses Pendinginan

Di dalam *cooler*, material dari *dryer* akan dikontakkan dengan udara pendingin dehumidifikasi untuk menurunkan suhu. Untuk menaikkan efisiensi pendinginan, bagian yang diangkat dipasang di dalam *cooler*. Pada sesi ini akan dipasang *cooler cyclone separator* dan *suction fan* untuk menghisap udara basah dan debu sehingga semi-produk tidak berdebu dan kelembaban pada material lebih jauh akan dikurangi kemudian masuk sesi pengayakan (*screening*). Material setelah proses pendinginan tidak hanya untuk screen tapi juga sesuai untuk disimpan dan dapat mencegah caking (penggumpalan) saat transportasi. Gas buang pada *cooler* akan di-treatment oleh sistem de-duster.

#### 5. Proses *Recycle Crushing* dan *Screen*

Ada 2 jenis *vibrating screen* (*over size* dan *under size*) yang akan dipasang pada sesi ini dan setiap jenis ayakan (*screen*) akan disusun ganda untuk menambah kapasitas. Semi-produk dari *cooler* akan ditransfer ke *vibrating screen* untuk memisahkan material *under size* (ukuran kecil) dan *over size* (ukuran besar). Butiran *over size* ( $\geq 4$  mm) akan dihancurkan oleh *recycle crusher* dan kembali ke sirkulasi *belt conveyor* dan akan dikirim ke granulator untuk re-sirkulasi *belt conveyor* untuk re-granulasi. Sehingga pabrik akan beroperasi dengan sistem sirkulasi. Semi-produk yang diperbolehkan (ukuran 2-4 mm) akan dikirim ke *coater* untuk pelapisan (*coating*).

#### 6. Proses *Coating* (pelapisan)

Ukuran produk akhir yang diperbolehkan (2-4 mm) akan dikirim ke *coater* untuk pelapisan untuk mencegah penggumpalan (*caking*) jika penyimpanan lama dalam karung. Volume total tangki minyak pelapis adalah 2 m<sup>3</sup> untuk kebutuhan konsumsi selama 1,5 hari.

#### 7. Proses Pengantongan

Pengontrol sistem yang digunakan pada sesi pengantongan adalah *fully otomatis*. Mesin penjahit karung yang digunakan adalah tipe *Newlong*. Data yang terhitung pada pengantongan akan ditransmisikan ke sistem *PLC control system* yang terletak pada *control room*.

#### 8. Proses *Pre-Treatment* Bahan Baku

Untuk produksi NPK yang berbasis urea, TSP akan diamoniasi untuk menghilangkan asam bebas selama pencampuran urea dengan TSP. Pada sesi ini, TSP masih berbentuk *granule* akan dihancurkan. Bubuk TSP akan bereaksi dengan asam ammonium karbonat dalam *mixer* dan akan disimpan selama 24 jam agar teramoniasi sempurna.

#### 9. Proses *Treatment Gas*

Ada dua jenis gas buang yang akan di-treatment :

- a. Gas buang dari *dryer*, gas buang *cooler*, gas buang dust point
- b. Gas buang granulator, *urea solution system* dan *pre-treatment ammonia*

Gas-gas tersebut akan di-treatment dengan metode yang berbeda, seperti :

- a. Gas buang *dryer* dan *cooler* : 1 stage 2 tube cyclone + tube washer + pond type impulse wet scrub
- b. Gas buang dust point : 1 stage 1 tube cyclone + tube washer + pond type impulse wet scrub
- c. Gas buang granulator, sistem *urea solution*, *pre-treatment ammonia* : tube washer + pond type impulse wet scrub

Gas-gas buang tersebut akan di-blow oleh fan.

### 3.1.5 RKAP (Rencana Komite Anggaran Produksi)

PT Pupuk Kujang memproduksi harus berdasarkan jumlah yang ditetapkan oleh pemerintah yang tertuang dalam RKAP (Rencana Komite Anggaran Produksi) setiap tahunnya. Untuk itulah RKAP merupakan suatu gol bagi PT Pupuk Kujang. Pada tabel 3.1 dapat dilihat RKAP pupuk NPK Granular untuk tahun 2010.

**Tabel 3.1** RKAP Pupuk NPK Granular tahun 2010

Jenis NPK	Target	
	TONASE	
15-15-6-4Mg	10,000	Ton
12-12-17-2Mg	20,000	Ton
15-10-20-0.5TE	35,232	Ton
14-10-18-2Mg	34,768	Ton
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	Ton

Sumber : Process Engineering PT Pupuk Kujang Cikampek

Total target produksi tahunan : 100.000 ton/tahun

Total target produksi bulanan : 8.333 ton/bulan

Total target produksi harian : 303 ton/hari

### 3.2 Pengumpulan Data Penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian adalah salah satu fase yang sangat penting dalam penyusunan skripsi ini, karena tahap ini merupakan langkah awal dalam membuat analisa mengenai keadaan dan mengambil kesimpulan, dimana tahap pengumpulan data ini merupakan pengumpulan data untuk pengolahan data menggunakan metode FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) dan pengolahan data menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*).

Adapun data-data yang di peroleh dari perusahaan adalah data sebagai berikut :

- Data hitoris

Data historis yang dimasukkan ke dalam pengolahan data ini adalah data historis yang ada di pabrik tersebut, yang mana data historis dalam penelitian ini adalah data down time dan data kegagalan spare part.

**Table 3.2** Rekapitulasi Data Masalah Terjadinya Down Time Tahun 2009-2010

No	Bulan	Masalah	Down Time ( Jam )
1	Desember	Penggantian dan Pengantian Spare Part	311,3
		Kekurangan Bahan Baku	38,21
		Sirkulasi Material	11
		Cleaning All Area	40
		Pembersihan Alat	5,68
		Other	10,46
<b>Total</b>			<b>416,65</b>
2	Januari	Penggantian dan Pengantian Spare Part	219
		Kekurangan Bahan Baku	19
		Sirkulasi Material	299
		Cleaning All Area	131
		Pembersihan Alat	8
<b>Total</b>			<b>676</b>
3	Februari	Penggantian dan Pengantian Spare Part	284
		Sirkulasi Material	165
		Cleaning All Area	64
		Kekurangan Bahan Baku	8
<b>Total</b>			<b>521</b>
4	Maret	Penggantian dan Pengantian Spare Part	373
		Sirkulasi Material	32
		Cleaning All Area	52
		Pembersihan Alat	12
		Other	23
<b>Total</b>			<b>492</b>
5	April	Penggantian dan Pengantian Spare Part	210,95
		Sirkulasi Material	45
		Cleaning All Area	480
		Pembersihan Alat	25,16
		Other	8,25

<b>Total</b>			<b>769,36</b>
6	Mei	Penggantian dan Penggantian Spare Part	113,41
		Kekurangan Bahan Baku	81,5
		Cleaning All Area	16,5
		Other	5,8
<b>Total</b>			<b>217,21</b>
<b>Total Keseluruhan</b>			<b>3.092,22</b>

Sumber : Laporan Performa Pupuk NPK Granul

**Table 3.3** Rekapitulasi Data Teknis Kegagalan Spare Part Tahun 2009-2010

No	Jenis Spare Part	Waktu Penggantian & Perbaikan (Jam)
1	Rantai	326
2	Bearing	192
3	Rubber Sheet	161
4	Belt Conveyor	106
5	V Belt	76
6	Roller Lower	65
7	Cover Stock	23
8	Other	16
Total		965

Sumber: Laporan Kerusakan Spare Part Pupuk NPK Granul

- Data wawancara

Penulis melakukan wawancara dengan pihak-pihak yang dianggap *expert* di divisi *Operation & Maintenance* pada pabrik pengolahan pupuk NPK granular mengenai masalah-masalah yang sering terjadi selama kegiatan pemeliharaan. Kegiatan pemeliharaan didefinisikan sebagai seluruh aktivitas atau kegiatan yang dilakukan pada saat kegiatan operasional dan pemeliharaan. Pihak-pihak yang menjadi responden dalam wawancara ini adalah *General Manager Operation & Maintenance*, *Manager Operation & Maintenance*, *Supervisor Share Service*, dan *Area Maintenance Officer*.

Dari hasil wawancara, penulis mendapatkan beberapa *item* risiko yang pernah terjadi dalam kegiatan pemeliharaan, yaitu:

✚ Kerusakan *spare part* mayor

*Spare part* mayor didefinisikan sebagai *spare part* yang berhubungan erat dengan kegiatan operasional pabrik. Artinya, jika *spare part-spare part* ini rusak maka akan kegiatan operasional akan terganggu baik secara langsung maupun tidak langsung. Yang termasuk dalam kategori *spare part* mayor adalah *Rantai, Bearing, Rubber Sheet, Belt conveyor, V belt, Roller Lower, Cover stock*.

Adapun fungsi *spare part* tersebut adalah: Rantai berfungsi sebagai pemutar alat-alat ( conveyor), memindah kan material dari screen ke coater. Bearing berfungsi untuk menahan alat-alat ( conveyor). Rubber sheet berfungsi untuk menahan rubber scrupper agar tidak bergesekan dengan belt conveyor. Belt conveyor berfungsi untuk menggerakkan conveyor. V belt berfungsi untuk memutar alat. Roller lower berfungsi untuk meredam getaran yang terjadi pada conveyor. Cover stock berfungsi untuk melindungi sambungan belt conveyor.

✚ Kerusakan *spare part* minor

*Spare part* minor didefinisikan sebagai *spare part* yang ketika rusak tidak akan mempengaruhi kegiatan operasional baik secara langsung atau tidak. Yang termasuk dalam kategori ini adalah looper pada bagian bagging, block slinder bagian compresi udara.

✚ Kecelakaan personil

✚ Mesin mati

✚ Ketidaktersediaan *spare part*

✚ Ketidaktersediaan informasi progress maintenace

- ✚ Lamanya proses perbaikan
- ✚ Ketidakterediaannya bahan bakar
- ✚ Motor mesin terbakar
- ✚ Ketidakterediaan bahan baku
- ✚ Material menumpuk
- ✚ Sirkulasi material
- ✚ Cleaning all area
- ✚ Kinerja mekanis kurang baik
- ✚ Pembersihan alat-alat

### 3.3 Pengolahan data Penelitian

#### 3.3.1 Pengolahan Data Menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Pengolahan data menggunakan metode FMEA bertujuan untuk mendapatkan risiko kritis yang merupakan risiko-risiko yang akan dianalisis lebih lanjut. Risiko kritis tersebut diperoleh setelah dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap risiko yang telah teridentifikasi. Berikut adalah langkah penentuan risiko kritis menggunakan metode FMEA.

##### 3.3.1.1 Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko merupakan proses dalam menentukan apa, kenapa dan bagaimana suatu risiko dapat terjadi. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengenali risiko yang mungkin terjadi lebih awal sehingga dapat mengurangi atau mengeliminir keterkejutan akibat dari risiko tersebut. Output yang diharapkan dari proses identifikasi ini adalah daftar atau *list* risiko yang nantinya akan masuk dalam tahap penilaian risiko.

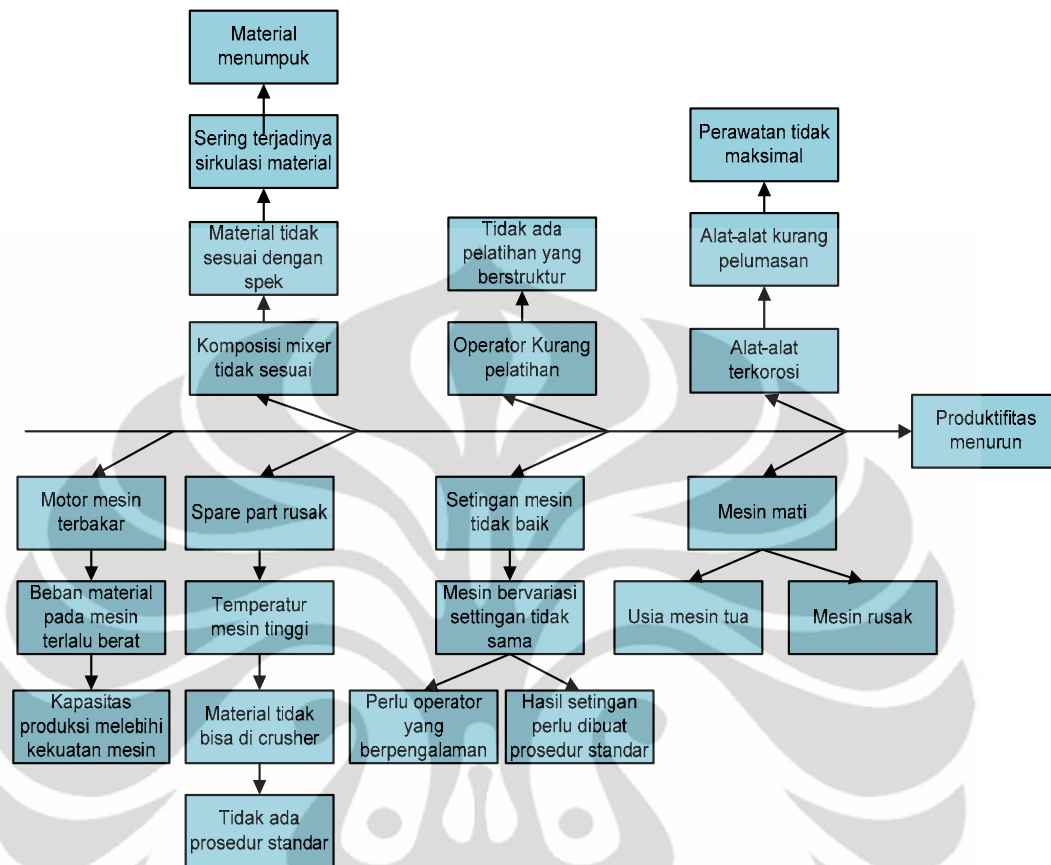
Identifikasi risiko dilakukan dalam kegiatan dan divisi *Operation & Maintenance* pabrik pupuk NPK Granul. Penulis melakukan beberapa tahapan dalam mengidentifikasi risiko.

- Mengumpulkan dan mempelajari kegiatan operasional dan kegiatan maintenance.



- Mencari dan mengumpulkan data historis tentang kegagalan pada alat-alat produksi.
- Melakukan wawancara dan brainstorming untuk mengumpulkan informasi mengenai masalah-masalah yang sering terjadi selama kegiatan pemeliharaan.
- Menentukan standar rating severity, occurrence, dan detection.
- Membuat kuisisioner mengenai risiko
- Menyebarkan kuisisioner kepada respon
- Pengumpulan kuisisioner.

Semua item kegagalan dan masalah-masalah yang sering terjadi pada saat melakukan pemeliharaan yang diperoleh dari hasil wawancara, brainstorming dan historical problem, disusun dalam suatu diagram *Cause Failure Mode Effect* (CFME) yang dapat dilihat pada gambar 3.2. Metode ini digunakan sebelum pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil CFME akan mempermudah pembuatan FMEA dalam hal pengidentifikasian efek, modus kegagalan, dan akar penyebab permasalahan. Daftar Risiko, Kemungkinan Penyebab, dan Kemungkinan Efeknya dapat dilihat pada tabel 3.2



**Gambar 3.2** Diagram *Cause Failure Mode Effect* (CFME)

Dari hasil CFME terdapat beberapa akar penyebab permasalahan yang menjadi sumber terjadinya penurunan produktivitas. Akar penyebabnya adalah sebagai berikut :

1. Perawatan mesin produksi tidak maksimal sehingga alat-alat kurang pelumasan dan menyebabkan terkorosi.
2. Mesin rusak dan usia mesin sudah tua mengakibatkan mesin mati
3. Hasil dari settingan mesin perlu dibuat prosedur standar agar setting yang terbaik dapat terdokumentasi, akan tetapi karena perbedaan mesin, maka setting mesin pun berubah, untuk itu diperlukan operator yang berpengalaman

4. Tidak ada pelatihan berstruktur dan terencana dengan baik akibatnya proses produksi khususnya setting mesin kurang dapat dilakukan dengan baik.
5. Terlalu seringnya material menumpuk, akibatnya sering terjadi sirkulasi material, dikarenakan material tidak sesuai spek dan komposisi mixer tidak sesuai.
6. Material tidak dapat dicrusher dan prosedur standar proses pengcrusheran material kurang maksimal, akibatnya temperature mesin tinggi sehingga menyebabkan spare part rusak.
7. Kapasitas produksi melebihi kekuatan mesin produksi, sehingga bahan material pada mesin terlalu berat, akibatnya mesin motor terbakar.

**Tabel 3.4** Daftar Risiko, Kemungkinan Penyebab, dan Kemungkinan Efeknya

<b>ID Risk</b>	<b>Daftar Risiko</b>	<b>Kemungkinan penyebab</b>	<b>Kemungkinan efek risiko</b>
1	Kerusakan spre part mayor	Pengaruh usia spare part, konsleting	Delay kegiatan operasional pabrik
2	Kerusakan spare part minor	Pengaruh usia spare part, konsleting	Mesin tidak berfungsi
3	Kecelakaan personil	Kelalaian personil	Kecelakaan personil dalam pelaksanaan pemeliharaan
4	Mesin mati	Tidak berfungsi spre part	Kegiatan operasiomal pabrik terganggu
5	Ketidaktersediaan spare part	Keterlambatan pengadaan spre part	Delay proses perbaikan
6	Ketidaktersediaan informasi progress maintenace	Kurangnya informasi dari lapangan tentang kegagalan alat	Personil maintenace tidak mengetahui keadaan aktual lapangan
7	Lamanya proses perbaikan	Menunggu datangnya spare part	Kegiatan operasional pabrik berhenti
8	Ketidaktersediaannya bahan bakar	Keterlambatan pengadaan bahan bakar	Delay proses produksi

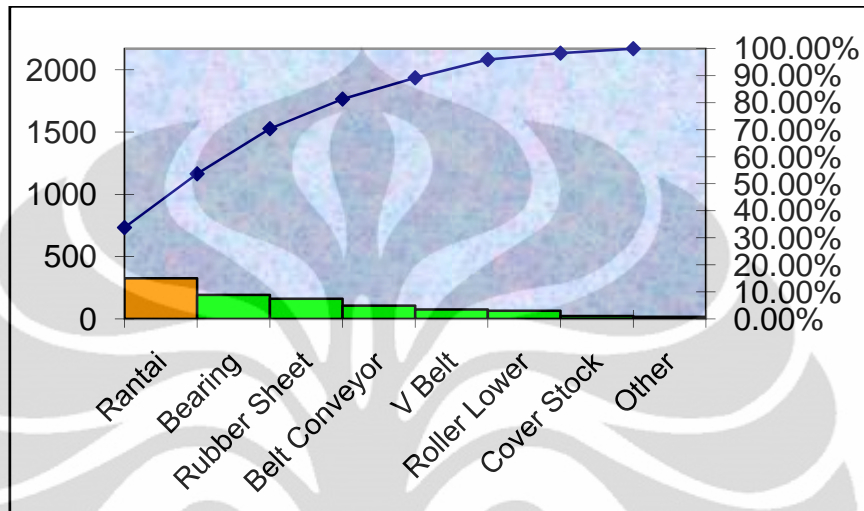
9	Motor mesin terbakar	Konsleting, beban material terlalu berat	Spare part harus diganti
10	Ketidaktersediaan bahan baku	Keterlambatan pengadaan bahan baku	Delay proses produksi
11	Material menumpuk	Kerusakan mesin	Proses produksi tidak maksimal
12	Sirkulasi material	Kerusakan spare part	Proses produksi tidak maksimal
13	Cleaning all area	Banyaknya sisa material yang tumpah	Delay proses produksi
14	Kinerja mekanis kurang baik	Keterbatasan keahlian personil	Machine problem dan spare part problem
15	Pembersihan alat-alat	Sisa material reject	Kegiatan operasional pabrik terganggu

Khusus untuk kerusakan *spare part* mayor, penulis menggunakan *pareto chart* untuk memilih *spare part* mayor apa yang akan masuk dalam tahap penilaian. Pemilihan ini perlu dilakukan untuk mempermudah responden dalam menilai tingkatan dampak ketika tahap penilaian (mengingat tingkatan dampak yang dihasilkan dari setiap *spare part* berbeda satu sama lain). Frekuensi terjadinya kerusakan *spare part* mayor diperoleh dari data temuan masalah kegiatan pemeliharaan mulai dari bulan Desember 2009 sampai dengan Mei 2010. Berikut tabel dan *pareto chart* untuk kerusakan *spare part* mayor:

**Tabel 3.5** *Spare part*

No	Spare Part	Jumlah	Jumlah Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Rantai	326	326	33.78%	33.78%
2	Bearing	192	518	19.90%	53.68%
3	Rubber Sheet	161	679	16.68%	70.36%
4	Belt Conveyor	106	785	10.98%	81.35%
5	V Belt	76	861	7.88%	89.22%
6	Roller Lower	65	926	6.74%	95.96%

7	Cover Stock	23	949	2.38%	98.34%
8	Other	16	965	1.66%	100.00%
Total		965		100%	



**Gambar 3.3** Pareto Chart Kerusakan Spare Part Mayor

Berdasarkan prinsip pareto 80-20, dimana 80 % masalah terjadi karena 20% penyebab, maka untuk kerusakan mayor yang dipilih untuk masuk penilaian risiko adalah *spare part* Rantai dan Bearing

Untuk *spare part* minor tidak dilakukan pemilihan. Hal ini disebabkan karena dampak yang dihasilkan oleh setiap *spare part* minor sama. Dengan adanya kesamaan dampak ini, penulis berasumsi bahwa responden tidak akan mengalami kesulitan saat tahap penilaian nantinya.

Sebelum masuk pada penilaian risiko, penulis terlebih dahulu mengkonfirmasi daftar risiko tersebut kepada pihak perusahaan untuk memastikan bahwa daftar risiko telah mencakup semua risiko yang mungkin terjadi dalam divisi maupun kegiatan pemeliharaan (*maintenance*). Dari hasil konsultasi tersebut, pihak perusahaan merasa bahwa daftar risiko yang telah dibuat telah mencakup semua risiko sehingga tidak perlu diadakan penambahan *item* risiko.

### 3.3.1.2 Penentuan Rating *Occurrence*, *Severity*, dan *Detection*

Setelah diperoleh item risiko maka langkah berikutnya adalah penentuan rating probabilitas terjadinya risiko (*occurrence*), dampak akibat risiko (*severity*), dan deteksi risiko (*detection*). Penentuan ketiga rating tersebut akan sangat menentukan proses memprioritaskan daftar risiko / penentuan risiko kritis. Penentuan rating didapatkan melalui proses *brainstorming* dengan para *expert* yang disesuaikan dengan kondisi perusahaan. Rating dari *occurrence* merupakan kuantifikasi dari kemungkinan terjadinya risiko. Skala yang digunakan mulai dari rentang 1 – 10, yang mana skala 1 menyatakan probabilitas terjadinya risiko sangat rendah dan skala 10 menyatakan probabilitas terjadinya risiko sangat tinggi, tabel dapat dilihat pada tabel 3.6.

Rating dari *severity* adalah kuantifikasi dari tingkat dampak akibat terjadinya risiko. Skala yang digunakan mulai dari rentang 1 - 10, yang mana skala 1 menyatakan bahwa risiko tidak memberikan efek terhadap sistem maupun servis dan skala 10 menyatakan bahwa terjadinya risiko akan memberikan dampak berupa gangguan terhadap sistem secara keseluruhan, tabel dapat dilihat pada tabel 3.7. Sedangkan rating dari *detection* adalah kuantifikasi dari kontrol atau prosedur atau strategi yang ada yang mengatur fungsi atau yang membuat suatu kegagalan dapat dideteksi. Fungsi deteksi disini adalah untuk melihat apakah risiko yang ada dapat diketahui sebelum terjadinya kegagalan dan juga apakah kontrol yang dimiliki dapat mengurangi risiko kegagalan yang dapat terjadi. Skala yang digunakan mulai dari rentang 1 - 10, yang mana semakin tinggi skala maka semakin rendah tingkat kontrol yang dimiliki untuk mendeteksi terjadinya kegagalan. Tabel dapat dilihat pada tabel 3.8.

**Tabel 3.6** Probabilitas Terjadinya Risiko

Ranking	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Kegagalan
1	Hampir tidak pernah	Risiko hampir tidak pernah terjadi	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 12 Bulan
2	Remote	Risiko jarang terjadi	Probabilitas Terjadinya Risiko: >

			10 Bulan – 12 Bulan
3	Sangat sedikit	Risiko yang terjadi sangat sedikit.	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 8 Bulan – 10 Bulan
4	Sedikit	Risiko yang terjadi sedikit	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 6 Bulan – 8 Bulan
5	Rendah	Risiko yang terjadi pada tingkat rendah.	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 4 Bulan – 6 Bulan
6	Medium	Risiko yang terjadi pada tingkat medium	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 2 Bulan - 4 Bulan
7	Agak tinggi	Risiko yang terjadi agak tinggi.	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 1 Bulan- 2 Bulan
8	Tinggi	Risiko yang terjadi tinggi.	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 1 Minggu - 1 Bulan
9	Sangat tinggi	Risiko yang terjadi sangat tinggi	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 1 Hari - 1 Minggu
10	Hampir selalu	Risiko selalu terjadi.	Probabilitas Terjadinya Risiko: 0- 1 Hari

**Tabel 3.7** Dampak Akibat Terjadinya Risiko

Ranking	Akibat/ Effect	Kriteria Verbal	Akibat pada Produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan apa-apa, tidak memerlukan penyesuaian.	Proses berada dalam kendali tanpa melakukan penyesuaian peralatan
2	Akibat sangat ringan	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, hanya terjadi sedikit gangguan per alatan yang tidak berarti.	Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian.
3	Akibat ringan	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, hanya ada sedikit gangguan.	Proses telah berada diluar kendali, beberapa penyesuaian diperlukan
4	Akibat minor	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, namun terdapat gangguan kecil.	Kurang dari 30 menit Down-time atau tidak ada Down-time sama sekali

5	Akibat moderat	Pabrik tetap beroperasi normal, namun telah menimbulkan beberapa kegagalan produk.	30-60 menit downtime
6	Akibat signifikan	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, tetap menimbulkan kegagalan produk..	1-2 jam downtime.
7	Akibat major	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, tetapi tidak dapat dijalan-kan secara penuh.	2-4 jam downtime
8	Akibat ekstrem	Pabrik tidak dapat beroperasi dan telah kehilangan fungsi utamanya.	4-8 jam downtime.
9	Akibat serius	Pabrik gagal beroperasi, serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja.	Lebih besar dari 8 jam downtime
10	Akibat berbahaya	Pabrik tidak layak dioperasikan, karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba, dan hal ini bertentangan dengan peraturan keselamatan kerja..	Lebih besar dari 8 jam downtime.

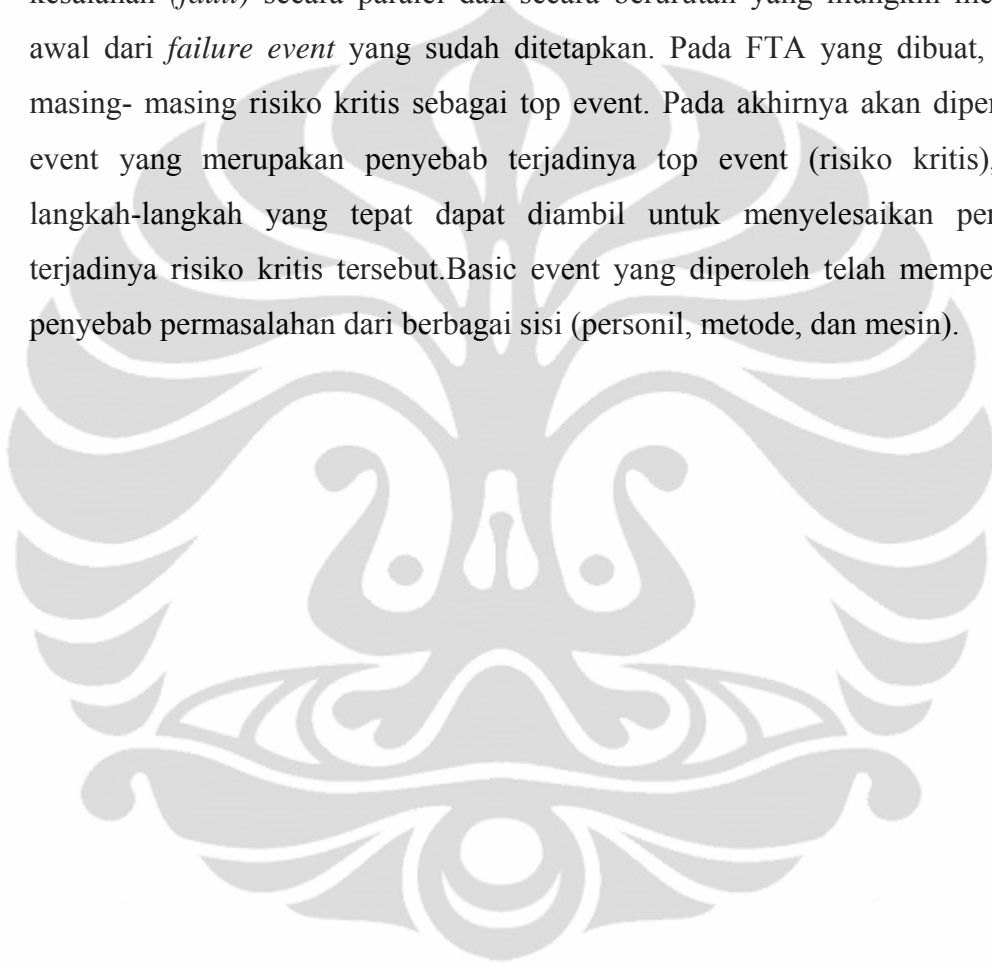
**Tabel 3.8** Deteksi Terhadap Risiko

Ranking	Akibat	Kriteria
1	Hampir Pasti	Pasti terdeteksi
2	Sangat Tinggi	Sangat mudah terdeteksi
3	Tinggi	Mudah terdeteksi
4	Moderately High	Dapat terdeteksi
5	Moderate	Cukup mudah terdeteksi
6	Rendah	Relatif jarang terdeteksi
7	Sangat Rendah	Sangat jarang terdeteksi
8	Remote	Relatif sulit terdeteksi
9	Very Remote	Sulit terdeteksi
10	Non-Detectable	Tidak dapat tereteksi



### 3.3.2 Pengolahan Data Menggunakan *Fault Tree Analysis Diagram* dari Risiko Kritis

Diagram FTA dibuat berdasarkan 5 risiko kritis dari total risiko, yang mana FTA ini merupakan sebuah model grafis yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan. Pada FTA yang dibuat, ditetapkan masing-masing risiko kritis sebagai top event. Pada akhirnya akan diperoleh basic event yang merupakan penyebab terjadinya top event (risiko kritis), sehingga langkah-langkah yang tepat dapat diambil untuk menyelesaikan permasalahan terjadinya risiko kritis tersebut. Basic event yang diperoleh telah memperhitungkan penyebab permasalahan dari berbagai sisi (personil, metode, dan mesin).



## BAB IV ANALISA DATA

Bab keempat penelitian ini akan membahas mengenai analisis pengolahan data dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan metode FTA (*Fault Tree Analysis*). Tahapan analisis ini akan memberikan usulan tindakan penanganan risiko kritis atau nilai RPN tertinggi.

### 4.1 Analisis Data FMEA

#### 4.1.1 Penentuan Nilai *Occurrence*, *Severity*, *Detection* dan Perhitungan *Risk*

##### *Priority Number (RPN)*

Setelah risiko teridentifikasi maka akan ditentukan nilai *occurrence*, *severity*, dan *detection*. Untuk menentukan nilai tersebut menggunakan kuesioner yang pengisiannya dilakukan melalui *brainstorming* dan melibatkan penulis sebagai pemandu pengisian kuesioner. Dari hasil *brainstorming* maka didapatkan nilai *occurrence*, *severity*, dan *detection* untuk tiap risiko dapat dilihat pada tabel 3.9.

Perhitungan RPN merupakan bagian penting dalam FMEA karena dari nilai RPN akan diketahui prioritas risiko yang termasuk risiko kritis. RPN dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$RPN = Occurrence * Severity * Detection$$

**Tabel 4.1** Nilai *Occurrence*, *Severity*, *Detection*, dan RPN untuk Tiap Risiko

ID Risk	Daftar Risiko	Probabilitas	Dampak	Deteksi	RPN
1	Kerusakan <i>spare part mayor</i>	8	9	9	648
2	Kerusakan <i>spare part minor</i>	8	8	2	128
3	Kecelakaan personil	3	6	1	18
4	Mesin mati	8	8	9	576
5	Ketidaktersediaan <i>spare part</i>	8	7	4	224
6	Ketidaktersediaan informasi progress maintenace	4	2	4	32
7	Lamanya proses perbaikan	8	9	7	504
8	Ketidaktersediaannya bahan bakar	2	7	1	14
9	Motor mesin terbakar	4	7	6	168
10	Ketidaktersediaan bahan baku	9	8	2	144
11	Material menumpuk	8	8	1	64
12	Sirkulasi material	8	8	1	64
13	Cleaning all area	6	8	1	48
14	Kinerja mekanis kurang baik	4	2	1	8
15	Pembersihan alat-alat	6	6	1	36

Berdasarkan risiko yang telah terdaftar dan diketahui nilai RPN masing-masing, maka dapat ditentukan risiko kritis. Risiko kritis tersebut yang akan dianalisis lebih lanjut sebagai langkah awal dari tindakan penanganan risiko untuk mempertahankan kinerja pabrik pengolahan pupuk. Suatu risiko dikategorikan sebagai risiko kritis jika memiliki nilai RPN di atas nilai kritis. Nilai kritis RPN ditentukan dari rata-rata nilai RPN dari seluruh risiko.

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{Total RPN}}{\text{Jumlah Risiko}} = \frac{2096}{15} = 139.73$$

Berdasarkan nilai kritis RPN dan atas persetujuan perusahaan maka diperoleh 5 risiko kritis. Nilai RPN dari kelima risiko tersebut berada di atas 139.73 yang merupakan nilai kritis RPN.

**Tabel 4.2** Daftar Risiko Kritis

ID Risk	Daftar Risiko	Probabilitas	Dampak	Deteksi	RPN
1	Kerusakan spre part mayor	8	9	9	648
4	Mesin mati	8	8	9	576
7	Lamanya proses perbaikan	8	9	7	504
5	Ketidaktersediaan <i>spare part</i>	8	7	4	224
10	Ketidaktersediaan bahan baku	9	8	2	144

#### 4.1.2 Usulan Tindakan Penanganan Risiko Kritis

Berdasarkan pengolahan data FMEA didapatkan risiko-risiko yang termasuk risiko kritis. Maka tahap berikutnya usulan tindakan penanganan untuk risiko-risiko yang termasuk kritis kritis. Tujuan dari tahapan ini adalah mempersiapkan orang untuk melakukan sesuatu bila risiko terjadi dan juga mengurangi risiko yang mungkin terjadi. Mempunyai rencana penanganan terhadap risiko memiliki keuntungan yaitu memungkinkan orang yang terkena dampak risiko tersebut merespon dengan cepat sehingga meminimalkan kerusakan yang mungkin terjadi. Karena termasuk risiko kritis maka tindakan respon dengan menerima risiko (*Risk Acceptance*) tidak tepat, begitupun dengan tindakan mencegah risiko (*Risk Avoidance*) karena beberapa permasalahan timbul disebabkan adanya kegiatan operasional dan pemeliharaan pabrik pengolahan pupuk NPK Granul.

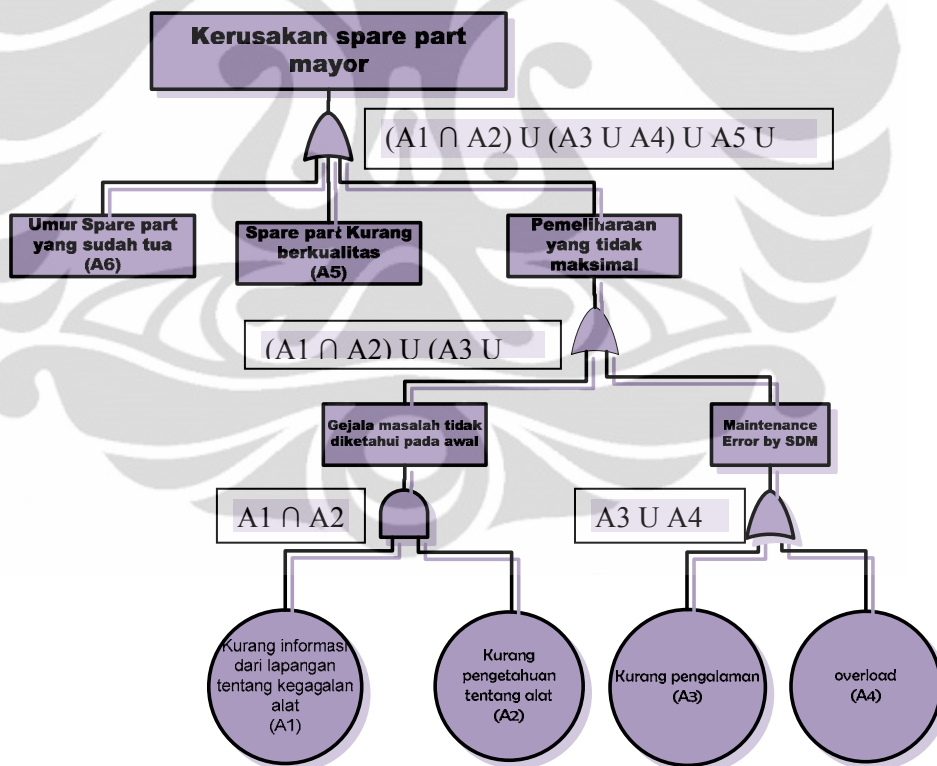
Usulan tindakan penanganan dapat berupa tindakan yang spesifikasi dari studi FMEA tingkat lanjut. Usulan tindakan penanganan risiko dilakukan dengan mengurangi risiko (*Risk Mitigation*). Dengan pengurangan risiko, pihak perusahaan mencoba mengurangi risiko dalam dua cara. Pertama, pengurangan peluang terjadinya suatu risiko. Kedua, yaitu pengurangan dampak negatif yang ditimbulkan dari suatu risiko. Pengurangan dampak terjadinya risiko dapat dilakukan oleh personil seketika saat diketahui timbul/terjadi risiko kritis tersebut. Agar pengurangan risiko dapat dilaksanakan dengan efisien dan efektif, maka berdasarkan hasil analisis dan evaluasi data dapat diberikan usulan tindakan yang perlu dilakukan, yaitu :

- Mengadakan pertemuan rutin antar personil di lapangan (*Maintenance Manager Officer*) sebagai ajang tukar wawasan dan pengalaman
- Penambahan jadwal pemeliharaan  
Dengan adanya penambahan jadwal pemeliharaan ini diharapkan dapat mengurangi tingkat kerusakan *spare part* yang selama ini sering kali terjadi.
- Meningkatkan pengawasan terhadap kerja personil di lapangan  
Setiap atasan (dalam hal ini *Area Maintenance Officer*) harus memastikan bahwa bawahannya tidak lalai dalam menjalankan tugasnya.
- Melaksanakan sistem logistik *improve*  
Divisi *operation & maintenance* saat ini telah memiliki sistem logistik yang dapat mempercepat proses pengadaan *spare part*. Kerja sama dengan supplier menjadi kunci utama sistem logistik ini.
- Pelaksanaan pemeliharaan sesuai dengan prosedur keselamatan
- Analisis *life time spare part*  
Untuk dapat mengetahui *brand spare part* apa yang bagus maka perlu dilakukan analisis terhadap *life time* dari setiap *brand spare part*. *Brand* yang memiliki *life time* paling lama dapat direkomendasikan untuk digunakan.
- Analisis beban kerja personil  
Divisi *operation & maintenance* harus selalu memperhatikan beban kerja personil agar kegiatan pemeliharaan terlaksana dengan baik.
- Dibuat standarisasi tindakan penanganan masalah
- Mengelola *historical problem* dengan baik

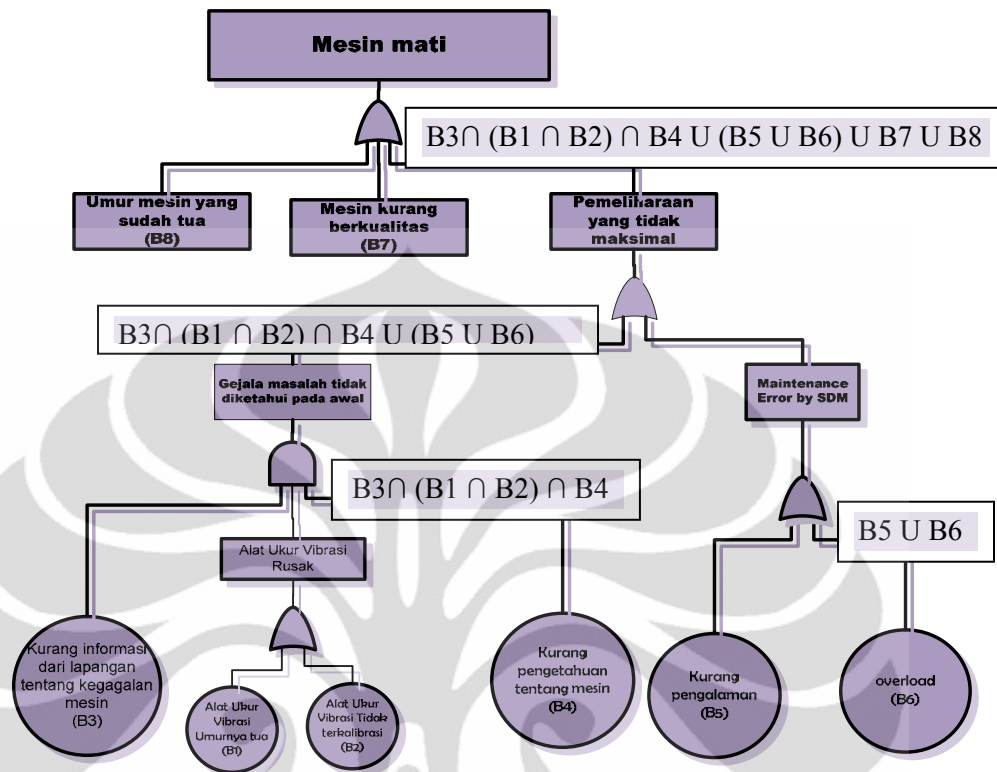
Apabila pengurangan risiko telah dilaksanakan, tetapi ternyata personil masih tidak dapat menyelesaikan permasalahan yang timbul, baru kemudian pemindahtanganan risiko (*risk transfer*).

## 4.2 Analisis Data FTA

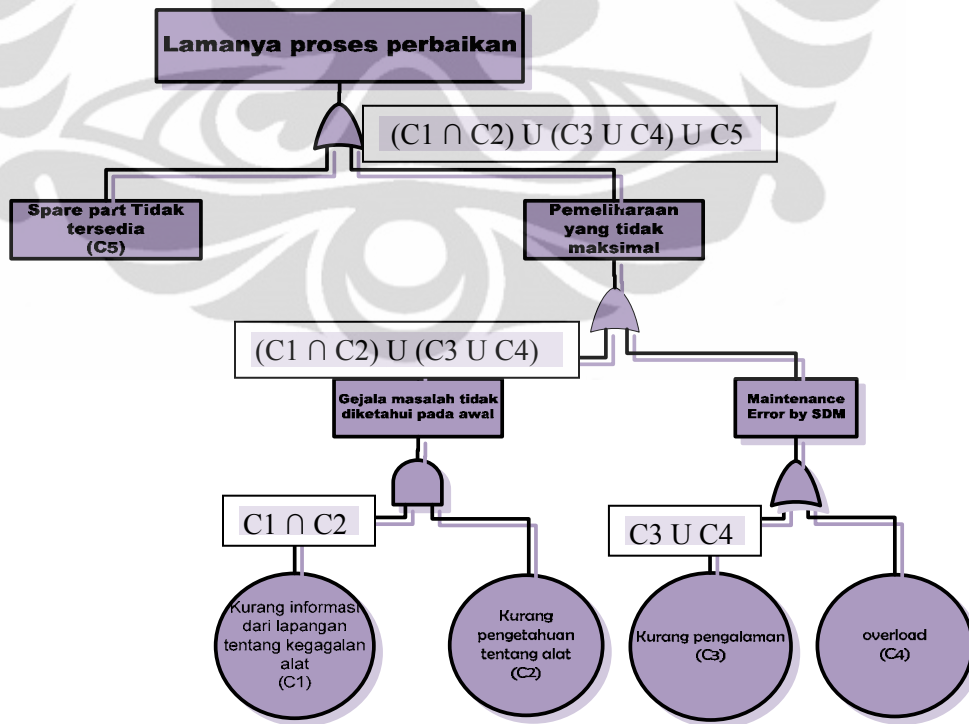
Diagram FTA dibuat berdasarkan 5 risiko kritis dari total risiko, yang mana FTA ini merupakan sebuah model grafis yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan. Pada FTA yang dibuat, ditetapkan masing- masing risiko kritis sebagai top event. Pada akhirnya akan diperoleh basic event yang merupakan penyebab terjadinya top event (risiko kritis), sehingga langkah- langkah yang tepat dapat diambil untuk menyelesaikan permasalahan terjadinya risiko kritis tersebut. Basic event yang diperoleh telah memperhitungkan penyebab permasalahan dari berbagai sisi (personil, metode, dan mesin). Berikut adalah gambar *fault tree analysis* dari masing-masing risiko kritis.



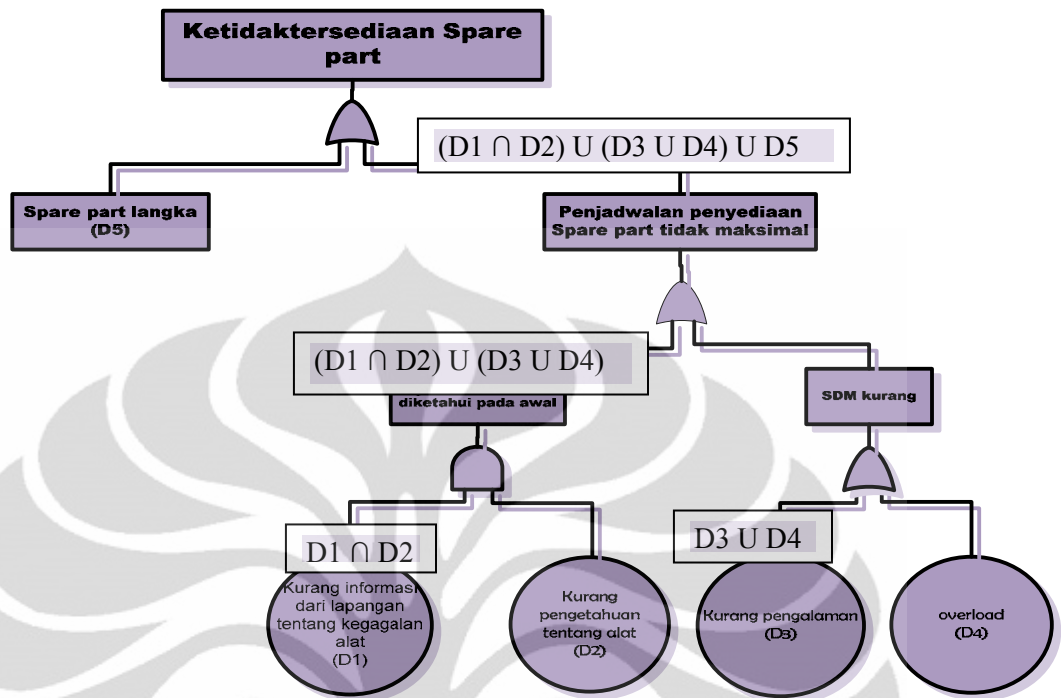
Gambar 4.1 Logic Expression Kerusakan Spare Part Mayor



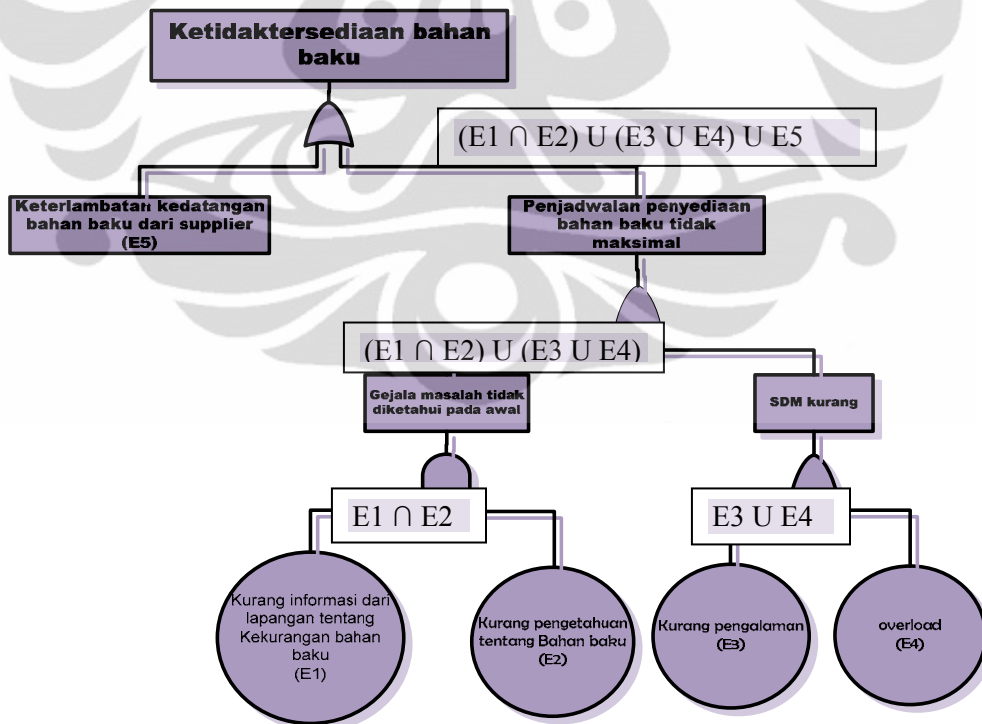
Gambar 4.2 Logic Expression Mesin Mati



Gambar 4.3 Logic Expression Lamanya Proses Perbaikan



Gambar 4.4 Logic Expression Ketidaktersediaan Spare Part



Gambar 4.5 Logic Expression Ketidaktersediaan Bahan Baku



Dari diagram FTA (*fault tree analysis*) diatas telah didapatkan minimal cut set dari 5 risiko kritis, dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.3** Daftar Minimal *Cut Set* 5 Risiko Kritis

No	Daftar Risiko	Cut Set	
1	Kerusakan <i>spare part</i> mayor	A6/A5/A4/A3	A1•A2
2	Mesin mati	B8/B7/B6/B5	B3•B1•B4
			B3•B2•B4
3	Lamanya proses perbaikan	C5/C4/C3	C1•C2
4	Ketidaktersediaan <i>spare part</i>	D5/D4/D3	D1•D2
5	Ketidaktersediaan bahan baku	E5/E4/E3	E1•E2

#### 4.2.1 Kerusakan *Spare Part* Mayor

Pada FTA yang paling penting bagi penggunaanya adalah menemukan minimal *cut set*. Basic event yang merupakan minimal cut set yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan *spare part mayor*, yang mana kerusakan *spare part mayor* disebabkan oleh umur *spare part* yang sudah tua atau *spre part* kurang berkualitas atau juga pemeliharaan yang tidak maksimal. Pemeliharaan yang tidak maksimal penyebabnya adalah adanya gejala masalah yang tidak diketahui pada awalnya, dimana hal ini berakar dari kurangnya informasi dari lapangan tentang kerusakan *spare part* dan kurangnya pengetahuan tentang *spare part* itu sendiri. Selain itu pemeliharaan yang tidak maksimal juga disebabkan oleh kesalahan manusia antara lain personil yang kurang pengalaman atau personil yang sudah overload, sehingga tidak dapat berkonsentrasi penuh dalam pemeliharaan alat atau *spare part*.

#### 4.2.2 Mesin mati

Minimal cut set yang merupakan *basic event* mesin mati, dimana dapat dilihat bahwa mesin mati disebabkan oleh umur mesin yang sudah tua atau mesin yang kurang berkualitas atau juga pemeliharaan yang tidak maksimal sehingga mesin tidak berfungsi, hal ini mengakibatkan nilai produktifitas dari mesin berkurang. Pada *cause factor* pemeliharaan yang tidak maksimal penyebab dasar ini dapat terjadi adalah adanya gejala masalah yang tidak diketahui pada awalnya dimana hal ini berakar dari kurangnya informasi dari lapangan tentang kerusakan mesin, kurangnya pengetahuan

tentang mesin itu sendiri, dan alat ukur vibrasi yang rusak. Sedangkan kerusakan alat ukur vibrasi bias disebabkan oleh 2 *basic event* yaitu alat 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 mesin produksi.

#### **4.2.3 Lamanya Proses Perbaikan**

Ada 4 *cut set* yang merupakan *basic event* lamanya proses perbaikan yaitu *spare part* tidak tersedia atau pemeliharaan yang tidak maksimal penyebabnya adalah adanya gejala masalah yang tidak diketahui pada awalnya, dimana hal ini berakar dari kurangnya informasi dari lapangan tentang kerusakan *spare part* dan kurangnya pengetahuan tentang *spare part* itu sendiri. Selain itu pemeliharaan yang tidak maksimal juga disebabkan oleh kesalahan manusia antara lain personil yang kurang pengalaman atau personil yang sudah *overload*, sehingga tidak dapat berkonsentrasi penuh dalam perbaikan alat atau *spare part*.

#### **4.2.4 Ketidaktersediaan Spare Part**

Ada 4 *cut set* yang merupakan *basic event* ketidaktersediaan *spare part* yaitu *spare part* langka atau penjadwalan penyediaan *spare part* yang tidak maksimal penyebabnya adalah adanya gejala masalah yang tidak diketahui pada awalnya, dimana hal ini berakar dari kurangnya informasi dari lapangan tentang *spare part* yang dibutuhkan dan kurangnya pengetahuan tentang *spare part* itu sendiri. Selain itu penjadwalan penyediaan *spare part* yang tidak maksimal juga disebabkan oleh kesalahan manusia antara lain personil yang kurang pengalaman atau personil yang sudah *overload*, sehingga lupa dalam pemesanan *spare part* yang dibutuhkan.

#### **4.2.5 Ketidaktersediaan Bahan Baku**

Ada 4 *cut set* yang merupakan *basic event* ketidaktersediaan bahan baku yaitu keterlambatan kedatangan bahan baru dari supplier atau penjadwalan penyediaan

bahan baku yang tidak maksimal penyebabnya adalah adanya gejala masalah yang tidak diketahui pada awalnya, dimana hal ini berakar dari kurangnya informasi dari lapangan tentang bahan baku yang kurang dan kurangnya pengetahuan tentang bahan baku yang dibutuhkan. Selain itu penjadwalan penyediaan bahan baku yang tidak maksimal juga disebabkan oleh kesalahan manusia antara lain personil yang kurang pengalaman dalam penjadwalan penyediaan bahan baku atau personil yang sudah overload, sehingga lupa dalam pemesanan jenis bahan baku yang dibutuhkan.



## **BAB IV**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab kelima ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari keseluruhan penelitian ini serta saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis maka penulis mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan metode FMEA terdapat 5 item risiko yang merupakan nilai RPN tertinggi, yang mana 5 item tersebut merupakan risiko kritis dari 15 risiko yang teridentifikasi yaitu kerusakan *spare part mayor*, mesin mati, lamanya proses perbaikan, ketidaktersediaan spare part dan ketidaktersediaan bahan baku.
2. Berdasarkan metode FTA dapat diketahui sumber penyebab terjadinya risiko kritis tersebut, yaitu kerusakan *spare part mayor* penyebabnya adalah umur *spare part* yang sudah tua atau *spare part* kurang berkualitas atau juga pemeliharaan yang tidak maksimal, mesin mati penyebabnya adalah umur mesin sudah tua atau mesin kurang berkualitas atau juga pemeliharaan yang tidak maksimal, lamanya proses perbaikan disebabkan oleh spare part tidak tersedia atau pemeliharaan yang tidak maksimal, ketidaktersediaannya spare part disebabkan oleh spare part langka atau penjadwalan penyediaan spare part yang tidak maksimal, dan ketidaktersediaan bahan baku disebabkan oleh keterlambatan kedatangan bahan baku atau penjadwalan penyediaan bahan baku yang tidak maksimal.

#### **5.2 Saran**

Setelah melakukan pengolahan data, analisis dan mengambil kesimpulan maka penulis akan memberikan saran kepada perusahaan yang mungkin bisa dijadikan

sebagai bahan acuan untuk melakukan peningkatan, yang mana saran yang diberikan berupa tindakan penanganan risiko yaitu sebagai berikut

- Memaksimalkan kegiatan pemeliharaan  
Dengan memaksimalkan kegiatan pemeliharaan ini diharapkan dapat mengurangi tingkat kerusakan *spare part* yang selama ini sering kali terjadi.
- Memberikan training kepada personil mengenai perbaikan *spare part*.
- Mengganti *spare part* yang berkualitas tinggi.  
Mengganti *spare part* yang berkualitas tinggi diharapkan bisa mengurangi terjadinya *breakdown*.
- Perbaiki jadwal pemesanan *spare part*  
Perbaiki jadwal pemesanan *spare part* di harapkan bisa mengurangi terjadinya *breakdown*
- Perbaiki jadwal pemesanan bahan baku  
Perbaiki jadwal pemesanan bahan baku di harapkan bisa mengurangi terjadinya *breakdown*.

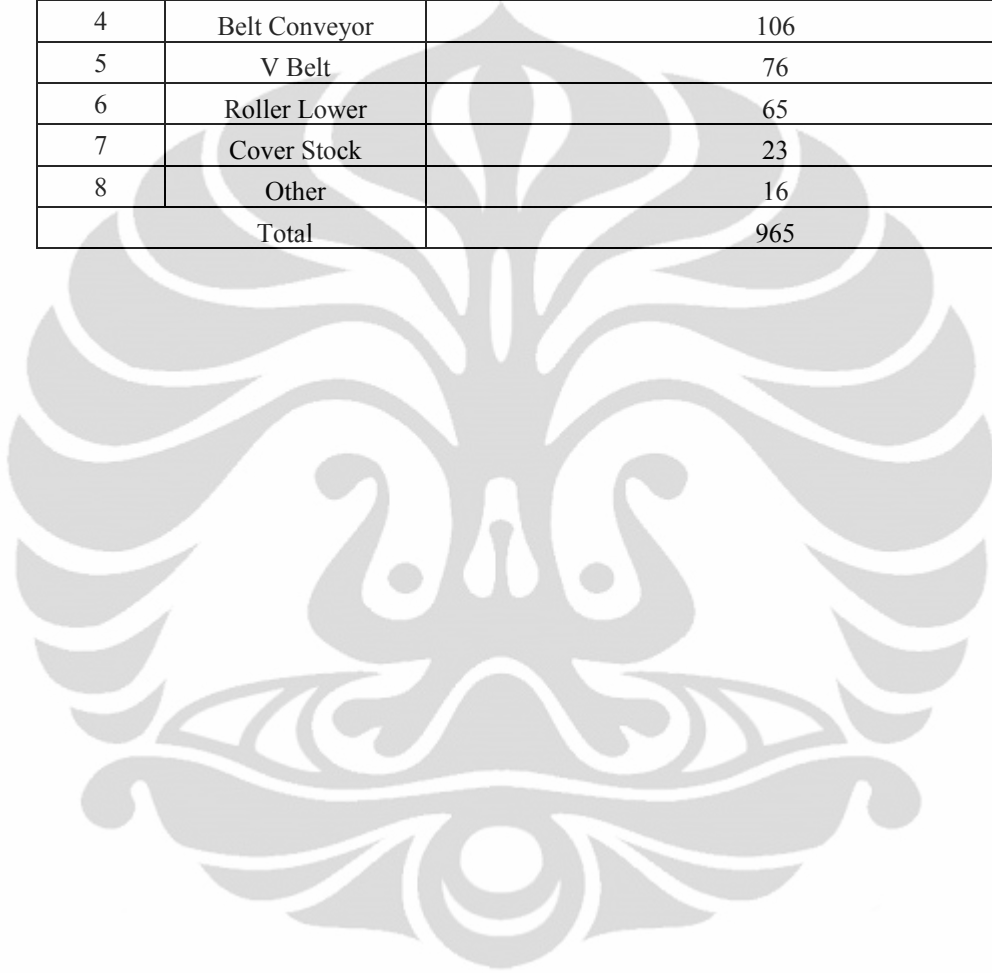
## DAFTAR PUSTAKA

- American National Standard. (2004). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (3rd ed.). Newtown Square: Project Management Institute.
- Assauri, Sofyan, 2004, *Manajemen Produksi dan Operasi*, edisi revisi, Jakarta Lembaga Penerbit FE UI.
- Blanchard, *Benjamin S.* *Logistics Engineering And Management* sixth edition; New Jersey; Penerbit Pearson Prentice Hall, 2004
- Carbone, T & Tippett, D. (2004). Project Risk Management Using the Project RiskFMEA. *Engineering Management Journal*. Vol 16, No.4. hal 31.
- Corder, Antony, 1996, *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Erlangga.
- Frame, J. Davidson., 2003, “*Managing Risk in Organizations: A Guide for Manager*”, San Fransisco
- Heizer, Jay and Barry Render, 2001, *Operation management*, 6<sup>th</sup> edition, Prentice-Hall inc, New Jersey.
- G. Stoneburner, A. Goguen, A. Feringa, (2001). *Risk Management Guide for Information Technology Sistem* , dalam *Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*, National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office, Washington.
- Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh, “*The Six Sigma Way: How GE, Motorola, And Other Top Companies Are Honing Their Performance*”, McGraw-Hill, New York, Tahun 2000.
- Prawirosentono, suryadi, 2001, *Manajemen Operasi; Analisi dan Studi Kasus*, edisi ketiga, cetakan pertama, Jakarta, Bumi Aksara.
- Project Risk Management Handbook*. (2003). Sacramento: Caltrans.
- Robin E McDermott, Raymond J Mikulak, Michael R Beauregard*, 2010, *The Basics of Fmea, 2nd Edition*
- Sehrawat, M.S and J.S Narang, 2001, *Production Management*, Nai Sarak, Dhanpahat RAI Co.
- Tampubolon, P, Manahan, 2004, *Manajemen Operasi*, edisi pertama, Ghalia Indonesia.



## Lampiran 1. Daftar Rekapitulasi Data Teknis Kegagalan Spare Part Tahun 2009-2010

No	Jenis Spare Part	Waktu Penggantian & Perbaikan (Jam)
1	Rantai	326
2	Bearing	192
3	Rubber Sheet	161
4	Belt Conveyor	106
5	V Belt	76
6	Roller Lower	65
7	Cover Stock	23
8	Other	16
	Total	965





Lampiran 1. Daftar Rekapitulasi Data Masalah Terjadinya Down Time Tahun 2009-2010

No	Bulan	Masalah	Down Time ( Jam)
1	Desember	Penggantian dan Pengantian Spare Part	311,3
		Kekurangan Bahan Baku	38,21
		Sirkulasi Material	11
		Cleaning All Area	40
		Pembersihan Alat	5,68
		Other	10,46
<b>Total</b>			<b>416,65</b>
2	Januari	Penggantian dan Pengantian Spare Part	219
		Kekurangan Bahan Baku	19
		Sirkulasi Material	299
		Cleaning All Area	131
		Pembersihan Alat	8
<b>Total</b>			<b>676</b>
3	Februari	Penggantian dan Pengantian Spare Part	284
		Sirkulasi Material	165
		Cleaning All Area	64
		Kekurangan Bahan Baku	8
<b>Total</b>			<b>521</b>
4	Maret	Penggantian dan Pengantian Spare Part	373
		Sirkulasi Material	32
		Cleaning All Area	52
		Pembersihan Alat	12
		Other	23
<b>Total</b>			<b>492</b>
5	April	Penggantian dan Pengantian Spare Part	210,95
		Sirkulasi Material	45
		Cleaning All Area	480
		Pembersihan Alat	25,16
		Other	8,25
<b>Total</b>			<b>769,36</b>
6	Mei	Penggantian dan Pengantian Spare Part	113,41
		Kekurangan Bahan Baku	81,5
		Cleaning All Area	16,5
		Other	5,8
<b>Total</b>			<b>217,21</b>
<b>Total Keseluruhan</b>			<b>3.092,22</b>

## Lampiran 3. Form Kuesioner

**KUESIONER TINGKAT PROBABILITAS TERJADINYA RISIKO**

Petunjuk Pengisian :

Ranking	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Kegagalan
1	Hampir tidak pernah	Risiko hampir tidak pernah terjadi	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 12 Bulan
2	Remote	Risiko jarang terjadi	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 10 Bulan – 12 Bulan
3	Sangat sedikit	Risiko yang terjadi sangat sedikit.	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 8 Bulan – 10 Bulan
4	Sedikit	Risiko yang terjadi sedikit	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 6 Bulan – 8 Bulan
5	Rendah	Risiko yang terjadi pada tingkat rendah.	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 4 Bulan – 6 Bulan
6	Medium	Risiko yang terjadi pada tingkat medium	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 2 Bulan - 4 Bulan
7	Agak tinggi	Risiko yang terjadi agak tinggi.	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 1 Bulan- 2 Bulan
8	Tinggi	Risiko yang terjadi tinggi.	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 1 Minggu - 1 Bulan
9	Sangat tinggi	Risiko yang terjadi sangat tinggi	Probabilitas Terjadinya Risiko: > 1 Hari - 1 Minggu
10	Hampir selalu	Risiko selalu terjadi.	Probabilitas Terjadinya Risiko: 0- 1 Hari

No	Daftar Risiko	Probabilitas Terjadinya Risiko									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kerusakan spare part mayor										
2	kerusakan spare part minor										
3	Personil tidak dapat melakukan tugasnya										
4	Kecelakaan personil										
5	Mesin mati										
6	Ketidaktersediaan spare part										
7	Ketidaktersediaan informasi tentang progress maintenance										
8	Lama proses perbaikan										
9	Ketidaktersedianya bahan bakar										
10	Motor mesin terbakar										
11	ketidaktersediaan bahan baku										
12	Material menumpuk										
13	sirkulasi produk atau material										
14	Pembersihan peralatan										
15	Cleaning all area										

### KUESIONER TINGKAT DAMPAK AKIBAT TERJADINYA RISIKO

Petunjuk Pengisian :

Ranking	Akibat/Effect	Kriteria Verbal	Akibat pada Produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan apa-apa, tidak memerlukan penyesuaian.	Proses berada dalam kendali tanpa melakukan penyesuaian peralatan
2	Akibat sangat ringan	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, hanya terjadi sedikit gangguan per-alatan yang tidak berarti. Akibat hanya dapat diketahui oleh operator yang berpengalaman.	Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian.
3	Akibat ringan	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, hanya ada sedikit gangguan. Akibat diketahui oleh rata-rata operator.	Proses telah berada diluar kendali, beberapa penyesuaian diperlukan
4	Akibat minor	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, namun terdapat gangguan kecil. Akibat diketahui oleh semua operator.	Kurang dari 30 menit Down-time atau tidak ada Down-time sama sekali
5	Akibat moderat	Pabrik tetap beroperasi normal, namun telah menimbulkan beberapa kegagalan produk. Operator merasa tidak puas karena tingkat kinerja berkurang.	30-60 menit downtime
6	Akibat signifikan	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, tetap menimbulkan kegagalan produk. Operator merasa sangat tidak puas dengan kinerja mesin.	1-2 jam downtime.
7	Akibat major	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh. Operator merasa sangat tidak puas	2-4 jam downtime
8	Akibat ekstrem	Pabrik tidak dapat beroperasi dan telah kehilangan fungsi utamanya.	4-8 jam downtime.
9	Akibat serius	Pabrik gagal beroperasi, serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja.	Lebih besar dari 8 jam downtime
10	Akibat berbahaya	Pabrik tidak layak dioperasikan, karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba, dan hal ini bertentangan dengan peraturan keselamatan kerja..	Lebih besar dari 8 jam downtime.

No	Daftar Risiko	Probabilitas Terjadinya Risiko									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kerusakan spare part mayor										
2	kerusakan spare part minor										
3	Personil tidak dapat melakukan tugasnya										
4	Kecelakaan personil										
5	Mesin mati										
6	Ketidaktersediaan spare part										
7	Ketidaktersediaan informasi tentang progress maintenance										
8	Lama proses perbaikan										
9	Ketidaktersedianya bahan bakar										
10	Motor mesin terbakar										
11	ketidaktersediaan bahan baku										
12	Material menumpuk										
13	sirkulasi produk atau material										
14	Pembersihan peralatan										
15	Cleaning all area										

### KUESIONER TINGKAT DETEKSI TERHADAP RISIKO

Petunjuk Pengisian :

Ranking	Akibat	Kriteria
1	Hampir pasti	Pasti terdeteksi
2	Sangat tinggi	Sangat mudah terdeteksi
3	Tinggi	Mudah terdeteksi
4	Moderately high	Dapat terdeteksi
5	Moderate	Cukup mudah terdeteksi
6	Rendah	Relatif jarang terdeteksi
7	Sangat rendah	Sangat jarang terdeteksi
8	Remote	Relatif sulit terdeteksi
9	Very remote	Sulit terdeteksi
10	Tidak pasti	Tidak dapat terdeteksi

No	Daftar Risiko	Probabilitas Terjadinya Risiko												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Kerusakan spare part mayor													
2	kerusakan spare part minor													
3	Personil tidak dapat melakukan tugasnya													
4	Kecelakaan personil													
5	Mesin mati													
6	Ketidaktersediaan spare part													
7	Ketidaktersediaan informasi tentang progress maintenance													
8	Lama proses perbaikan													
9	Ketidaktersedianya bahan bakar													
10	Motor mesin terbakar													
11	ketidaktersediaan bahan baku													
12	Material menumpuk													
13	sirkulasi produk atau material													
14	Pembersihan peralatan													
15	Cleaning all area													

