

**PENENTUAN CLUSTER TAMBANG BATUBARA
BERDASARKAN PENYEBAB TERJADINYA INSIDEN
MENGUNAKAN METODE CLUSTER ANALYSIS DENGAN
AHP DAN PENDEKATAN FMEA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**Megasworo Seno Kurniawan
0405070399**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Megasworo Seno Kurniawan

NPM : 0405070399

Tanda tangan :

Tanggal : Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Megasworo Seno Kurniawan
NPM : 0405070399
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Penentuan Cluster Tambang Batubara Berdasarkan Penyebab Terjadinya Insiden Menggunakan Metode Cluster Analysis Dengan AHP Dan Pendekatan FMEA

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, M.Sc ()

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M. Si ()

Penguji : Ir. Isti Surjandari, MT. MA. Phd ()

Penguji : Ir. M. Dachyar, M. Sc ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan semangat dan juga keteguhan hati agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Segala ucapan terima kasih juga penulis persembahkan kepada semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Orang tua, keluarga dan juga teman-teman yang selalu setia menemani dan memberikan saran ketika penulis sedang membutuhkan masukan. Dan juga para dosen yang sudah memberikan masukan-masukkan agar penelitian ini berkualitas dan berbobot. Secara khusus penulis memberikan ucapan terima kasih kepada:

1. Pak Yadrifil selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan-masukkan agar penelitian ini bisa berjalan dengan baik.
2. Pak Ridha Renaldi selaku pembimbing lapangan, terima kasih atas waktunya untuk menemani penulis dengan diskusi dan masukan-masukkannya.
3. Pak Endang Kusnandar yang telah membantu penulis dalam mencari topic atau tema yang baik untuk dilakukan sebagai penelitian skripsi ini pada perusahaan PT. Pama Persada.
4. Pak Lili, Mbak Rizki, Mbak Hana, Mbak Icha, Mbak Nurul, Pak Wiryono, Pak Ahmad, Pak Adenan dan seluruh staf SHE PT. Pama Persada yang sudah membantu penulis dalam mengerjakan penelitian ini. Terima kasih atas bantuannya selama penulis berada di sana.
5. Kedua orang tua, Papa dan Mama, yang selalu mendoakan penulis agar dapat menyelesaikan penelitian skripsi ini sehingga dapat menamatkan pendidikannya di Universitas Indonesia ini. Semoga semua yang penulis kerjakan ini dapat memberikan kebanggaan pada kedua orang tua penulis.
6. Muthia Amelia yang selalu memberikan dukungan dan semangat agar penulis dapat menyelesaikan penelitian ini tepat pada waktunya. Terima kasih atas waktu dan perhatiannya yang telah diberikan selama ini. *We do have a great time together.*
7. Kili, Lia, Loly dan Dimi, saudara senasib sepenanggungan untuk tugas skripsi kali ini. Semoga kalian sukses selalu di masa yang akan datang.

8. Elice yang selalu menjadi teman diskusi mengenai analisa multivariat. Terima kasih atas saran dan masukkan-masukkannya selama ini. *You are the best* deh pokoknya.
9. Carissa dan Keshia, *my big and small* sistahs, yang selalu menjadi tempat curahan hati oleh penulis. Terima kasih sudah mau mendengarkan semua curahan hati penulis.
10. Dhani yang selalu memberikan hidayah-hidayah dan tausiyah kepada penulis dan selalu mengingatkan penulis untuk selalu solat tepat waktu.
11. Christian Wijaya, teman bercanda dan melupakan keluh kesah.
12. Dan juga teman-teman penulis yang lain yang tidak dapat disebutkan namanya, terima kasih atas dukungan dan masukkannya kepada penulis

Demikian penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang sudah membantu penulis menyelesaikan penelitian ini.

Depok, Juli 2009

Penulis

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

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

Nama : Megasworo Seno Kurniawan
NPM : 0405070399
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

Penentuan Cluster Tambang Batu Bara Berdasarkan Penyebab Terjadinya Insiden Dengan Menggunakan Metode Cluster Analysis Dengan AHP Dan Pendekatan FMEA

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Juli 2009
Yang Menyatakan

(Megasworo Seno Kurniawan)

ABSTRAK

Nama : Megasworo Seno Kurniawan
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Penentuan Cluster Tambang Batubara Berdasarkan Penyebab Terjadinya Insiden Menggunakan Metode Cluster Analysis Dengan AHP Dan Pendekatan FMEA

Kebutuhan akan energi semakin meningkat di seluruh dunia, untuk itu perusahaan tambang batu bara berusaha untuk meningkatkan produksinya guna memenuhi permintaan batu bara yang terus meningkat. Eksploitasi kegiatan operasional batu bara yang terus meningkat dapat mengakibatkan peningkatan kecelakaan kerja jika tidak diimbangi dengan peningkatan keamanan pekerja. Untuk itu, perlu diketahui beberapa kelompok tambang batu bara yang memiliki karakteristik insiden kerja yang sama dan juga penyebab-penyebab terjadinya insiden. Agar para stakeholder mampu mengurangi terjadinya insiden di pertambangan itu sendiri. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan 3 cluster yang mencerminkan kondisi keamanan dari pertambangan batu bara, yaitu cluster dengan tingkat risiko rendah, cluster dengan tingkat risiko menengah dan cluster dengan tingkat risiko tinggi.

Kata Kunci :

Tambang batu bara, cluster analysis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Analytical Hierarchy Process (AHP)

ABSTRACT

Name : Megasworo Seno Kurniawan
Study Program : Industrial Engineering
Title : Cluster Determination Of The Coalmine Based On Root Cause
Incidents Using Cluster Analysis with AHP And FMEA
Approach

The needs of energy is increasing all around the world, thus the coal mine company try to increase the production capacity to fill the demand. Exploitation of coal mine operational activity that increased effects the increasing of working accident. according to this issue, the cluster of coal mine's characteristic sholud be known and also the root cause of the incident happened. Through this cluster's characteristic, the stakeholders can reduce the probability of incident happened in their mine. Based on the result of the research, there are 3 clusters that represent the safety condition in coal mine, they are the low risk cluster, middle risk cluster and high risk cluster.

Key words :

Coal mine, cluster analysis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Analytical Hierarchy Process (AHP)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan.....	3
1.3 Rumusan Permasalahan.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Failure Mode And Effect Analysis (FMEA).....	9
2.1.1 Definisi FMEA.....	9
2.1.2 Prosedur Pelaksanaan FMEA.....	9
2.1.3 Pengertian Modus Kegagalan.....	10

2.1.4	Tipe dari FMEA	11
2.1.5	Keuntungan dan Keterbatasan dari FMEA	12
2.2	Fishbone Chart/Ishikawa Diagram	13
2.2.1	Definisi Fishbone Chart	13
2.2.2	Identifikasi Penyebab dalam Fishbone Chart.....	14
2.2.3	Tipe-Tipe Fishbone Diagram	14
2.3	Cluster Analysis.....	15
2.3.1	Pengertian Cluster Analysis	15
2.3.2	Proses Dalam Cluster Analysis	16
2.4	Kecelakaan Kerja Dan <i>Safety</i>	22
2.5	Teori Analytic Hierarchy Process (AHP).....	25
2.5.1	Keunggulan AHP	26
2.5.2	Kelemahan AHP	27
2.5.3	Tujuh Pilar AHP.....	27
2.5.4	Penggunaan AHP	30
BAB III METODE PENELITIAN.....		38
3.1	Profil Perusahaan.....	38
3.1.1	Visi, Misi, Tujuan, dan Nilai Inti Perusahaan.....	38
3.1.2	Program dan Bisnis Proses Divisi SHE	39
3.2	Pengumpulan Data	42
3.2.1	Tahap Pengumpulan Data	42
3.2.2	Data Yang Dibutuhkan.....	42
3.2.3	Data Insiden	43
3.2.4	Data Penyebab.....	46
3.2.5	Data Kuesioner.....	50
3.3	Pengolahan Data.....	50

3.3.1	Pengolahan Data dengan AHP (<i>Analytical Hierarchy Process</i>).....	50
3.3.2	Pengolahan Data dengan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) 52	
3.3.3	Pengolahan Data dengan <i>Cluster Analysis</i>	55
BAB IV PEMBAHASAN.....		59
4.1	Analisis Hasil Analytical Hierarchy Process (AHP).....	59
4.2	Analisis Hasil Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	59
4.3	Analisis Hasil Hierarchy Cluster Analysis.....	61
4.3.1	Metode Perhitungan Jarak Euclidian.....	61
4.3.2	Metode Perhitungan Jarak Kuadrat Euclidian.....	62
4.4	Analisis Hasil K-Means Cluster Analysis.....	63
4.5	Perbandingan Antara <i>Hierarchy</i> dengan <i>K-Means</i>	66
4.6	Interpretasi Cluster.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran.....	70
DAFTAR REFERENSI.....		71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Keterkaitan Permasalahan	4
Gambar 1. 2 Proses Bisnis Perusahaan Kontraktor Pertambangan.....	5
Gambar 2. 1 Fishbone Chart Untuk Mengetahui Failure Mode Suatu Masalah...	11
Gambar 2. 2 Proses dari FMEA	11
Gambar 2. 3 Ishikawa Diagram (Fishbone Chart)	13
Gambar 2. 4 Contributing Factors in Accident Causation (CFAC) Model.....	24
Gambar 2. 5 <i>Accident Sequence Model</i>	25
Gambar 3. 1 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Menabrak Sesuatu.....	46
Gambar 3. 2 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Ditabrak Sesuatu	46
Gambar 3. 3 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Jatuh atau Kejatuhan.....	47
Gambar 3. 4 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Jatuh pada Permukaan yang Sama.....	47
Gambar 3. 5 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Kontak dengan Permukaan Ekstrem	47
Gambar 3. 6 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Terjepit di antara, Terkait pada, Terjepit di dalam	48
Gambar 3. 7 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Kontak dengan Suhu Ekstrem.	48
Gambar 3. 8 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Kontak dengan Listrik, Radiasi, Bahan Kimia, Racun dan Bising	48
Gambar 3. 9 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Masuknya Benda Asing ke Tubuh	49
Gambar 3. 10 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Tekanan Berlebih/Beban berlebih/Digunakan Secara Berlebihan	49
Gambar 3. 11 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Terbakar	49
Gambar 3. 12 Urutan Prioritas Tipe Insiden	51
Gambar 3. 13 Dendogram Hasil Perhitungan <i>Hierarchy Cluster Analysis</i>	57
Gambar 4. 1 Urutan Prioritas Tipe Insiden	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skala Saaty 1 – 9	29
Tabel 2. 2 Matriks Elemen Operasi.....	33
Tabel 2. 3 Nilai Indeks Acak (RI).....	35
Tabel 3. 1 Parameter Variabel <i>Severity</i>	53
Tabel 3. 2 Parameter Variabel <i>Occurance</i>	54
Tabel 3. 3 Parameter Variabel <i>Detection</i>	54
Tabel 3. 4 Tabel Konversi Nilai RPN	55
Tabel 3. 5 Tabel Aglomerasi dengan Metode Perhitungan Jarak Euclidian	56
Tabel 3. 6 Tabel Aglomerasi dengan Metode Perhitungan Jarak Kuadrat Euclidian	57
Tabel 3. 7 Jumlah Anggota pada Tiap Cluster	58
Tabel 3. 8 Anggota dari Tiap Cluster.....	58
Tabel 4. 1 Tabel Aglomerasi dengan Metode Jarak Euclidian	61
Tabel 4. 2 Tabel Aglomerasi <i>Hierarchy Cluster Analysis</i>	62
Tabel 4. 3 Anggota Tiap Cluster pada <i>Hierarchy Cluster Analysis</i>	63
Tabel 4. 4 Anggota dari Tiap Cluster.....	64
Tabel 4. 5 Jarak Antar Pusat Cluster.....	64
Tabel 4. 6 Tabel ANOVA Hasil <i>K-Means Cluster Analysis</i>	65
Tabel 4. 7 Anggota Akhir dari Tiap Cluster	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Data Frekuensi dan Nilai Kerugian Penyebab Insiden
Lampiran B : Data <i>Pairwise</i> AHP
Lampiran C : Hasil Perhitungan FMEA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Dunia pertambangan akhir-akhir ini sedang mengalami perkembangan yang sangat signifikan, khususnya mengenai pertambangan batu bara. Hal ini dikarenakan untuk memenuhi permintaan energi yang sangat besar dari negara-negara luar. Khususnya dari negara Cina. Guna meningkatkan pembangunan di negaranya, Cina mengimport banyak batu bara sebagai sumber energi untuk sebagian besar industrinya. Hal ini menyebabkan permintaan akan hasil tambang batu bara meningkat sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir ini.

Menurut proyeksi Badan Energi Dunia (*International Energy Agency-IEA*), hingga 2030 permintaan energi dunia meningkat sebesar 45% atau rata-rata mengalami peningkatan sebesar 1,6% per tahun. Pemakaian batu bara diperkirakan mengalami peningkatan tiga kali lipat hingga 2030. Sebesar 97% pemakaian batu bara adalah non-OECD dengan china mengkonsumsi dua pertiga terbesar. Peran sumber energi baru dan terbarukan untuk kelistrikan terus mengalami peningkatan dan diproyeksikan mulai 2010 peran energi baru dan terbarukan dalam kelistrikan menduduki posisi kedua setelah batu bara dan hydro.¹

Perusahaan pertambangan pun berusaha untuk memenuhi tingkat permintaan batu bara dunia. Salah satu cara untuk memenuhi semua permintaan yang datang, perusahaan pertambangan pun memaksa kontraktor pertambangan untuk bekerja lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan volume produksi batu bara dari masing-masing lokasi pertambangan.

Dengan semakin meningkatnya eksploitasi operasional di pertambangan batu bara, maka kemungkinan terjadinya insiden pun akan semakin tinggi. Insiden yang terjadi di area pertambangan, baik insiden yang berakibat pada kerusakan properti maupun insiden yang berakibat pada cedera pekerja atau hingga mengakibatkan kematian, merupakan suatu kerugian bagi para *stakeholders*,

¹ Sadiman, Budi. Kebutuhan Energi Dunia Meningkat 1,6% Per Tahun. 2008. <
http://www.inaplas.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1240%3Akebutuhan-energi-dunia-meningkat-16-per-tahun&catid=1%3Aenergy&Itemid=32&lang=en>

seperti pemilik perusahaan selaku investor dan juga pemerintah, yang selalu menjaga tingkat insiden kerja serendah mungkin. Dengan meningkatnya frekuensi insiden di pertambangan batu bara, maka kredibilitas dari perusahaan pun akan dipertanyakan.

Pada tahun 2006 saja dicatat terjadi sebanyak 61 kecelakaan kerja yang berkaitan dengan industri pertambangan, dan 36 diantaranya menyebabkan kematian.² Hal ini merupakan sesuatu yang menjadi perhatian dari dunia umum, karena ditengah maraknya usaha untuk mencapai *zero accident*, namun masih ada sejumlah kecelakaan kerja yang sampai merenggut nyawa dari para pekerja.

Sisi keamanan merupakan sesuatu yang jarang sekali diperhatikan namun berperan sangat penting dalam kelancaran proses produksi dari suatu perusahaan pertambangan. Padahal dengan terjaganya tingkat keamanan yang kondusif di lapangan kerja, maka pekerjaan pertambangan pun dapat dilakukan dengan lancar. Dan perusahaan kontraktor pun mampu meningkatkan kapasitas produksi batu bara sesuai dengan yang diinginkan. Dampak selanjutnya, perusahaan pertambangan yang bersangkutan pun mampu meningkatkan volume penjualan dan mampu memenuhi permintaan yang datang.

Selain itu, dengan meningkatkan keamanan dan keselamatan kerja, maka dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk membayar asuransi kesehatan dari para pekerja. Yang terpenting dari evaluasi keamanan dan keselamatan adalah untuk mencegah atau mengurangi kecelakaan. Kecelakaan tidak selalu ada korban manusia dan kekacauan, yang jelas kejadian tersebut mampu menimbulkan kerugian pada perusahaan. Untuk itu diperlukan evaluasi kemandirian dan keselamatan pekerja yang signifikan untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang merugikan perusahaan.³

Dalam melakukan pengambilan keputusan untuk mengembangkan tingkat produksi, pihak manajemen pun harus memikirkan sisi keamanan dan kesehatan para pekerja dan juga dari sisi kondisi lingkungan dari areal pertambangan. Untuk itu, sisi keamanan dari kegiatan operasional pertambangan batu bara pun harus

² N.n. Daftar Pekerjaan Paling Berbahaya.2008. <
<http://www.kompas.com/read/xml/2008/07/09/1344046/daftar.pekerjaan.paling.berbahaya>>

³ Kariyan. Pengetahuan Dasar Keselamatan. 2008.<
<http://okleqs.wordpress.com/2008/01/04/pengetahuan-dasar-keselamatan-kerja/#more-14>>

diperhatikan lagi lebih dalam. Dengan mencari akar permasalahan dari suatu insiden yang terjadi di daerah sekitar pertambangan, dan juga memberikan masukan-masukan untuk mengurangi terjadinya insiden tersebut, maka diharapkan insiden-insiden yang sering terjadi di pertambangan batu bara pun dapat dikurangi dengan signifikan.

1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan

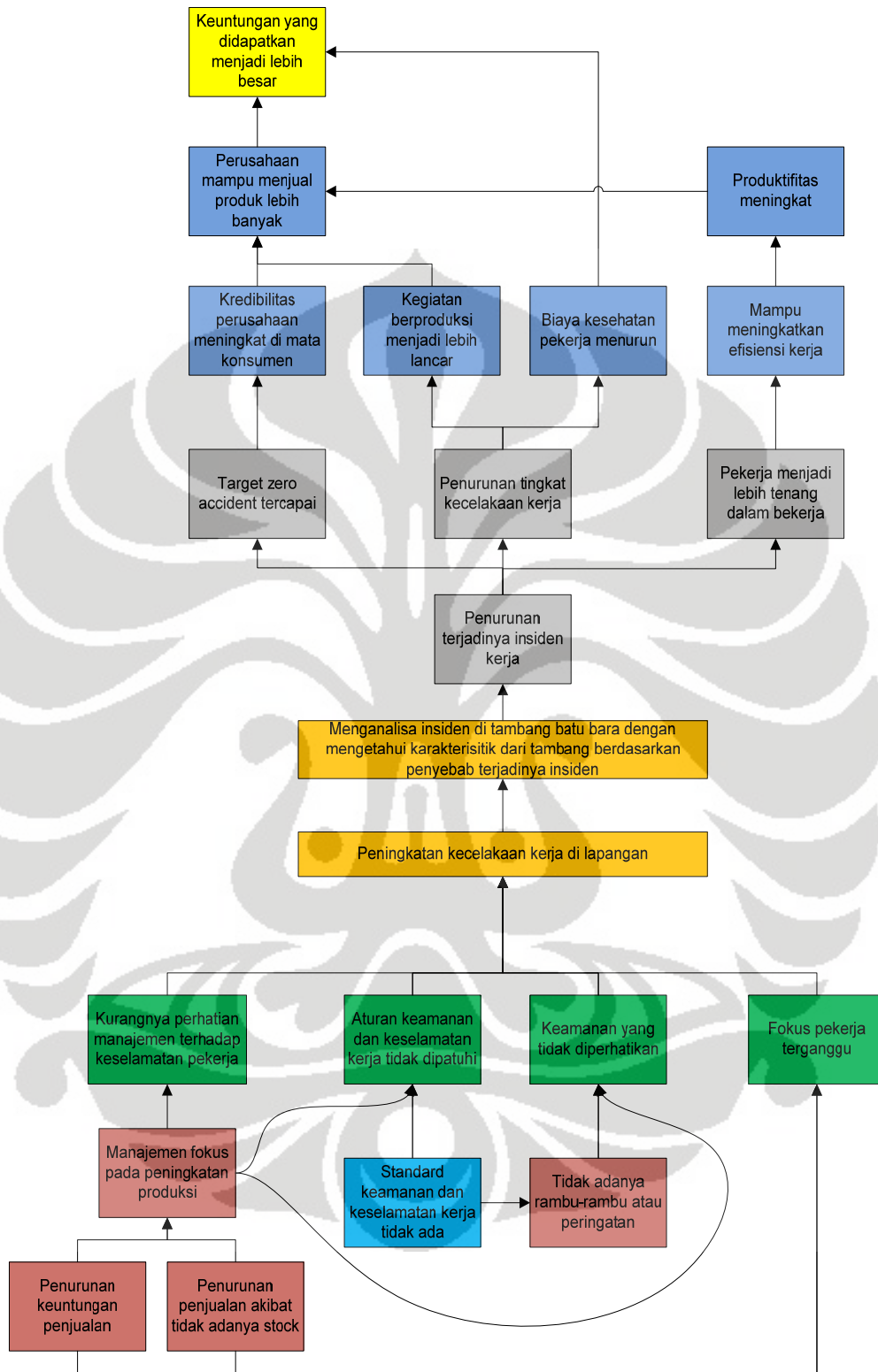
Berdasarkan latar belakang di atas, maka diagram keterkaitan dari permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah seperti pada gambar 1.1.

1.3 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang dan juga diagram keterkaitan masalah yang sudah diuraikan, pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengenai identifikasi risiko yang muncul pada kegiatan operasional industri pertambangan batu bara, yang akan dilanjutkan dengan menganalisa risiko tersebut sehingga dapat memberikan usulan kepada perusahaan mengenai lokasi kerja mana saja yang memiliki risiko tinggi berdasarkan klasifikasi yang ditentukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut . Mendapatkan kondisi cluster *root cause* dari insiden yang sering terjadi di pertambangan batu bara dan dapat menyebabkan insiden yang tidak diinginkan dan dapat merugikan perusahaan, sehingga dapat membantu para *stakeholders* dalam membuat keputusan yang berkaitan dengan kondisi keamanan dan kesehatan dari para pekerja tambang guna meminimalkan risiko terjadinya insiden dan kecelakaan pada area pertambangan tersebut.

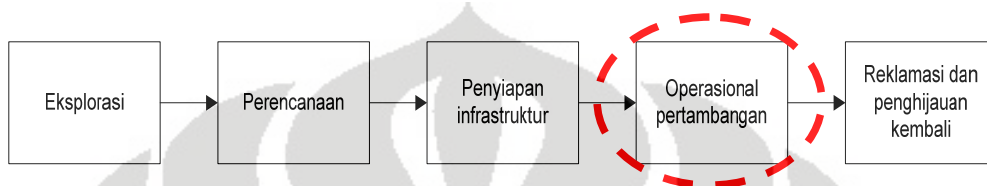


Gambar 1. 1 Diagram Keterkaitan Permasalahan

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini memberikan hasil sesuai dengan tujuan dari penelitian, maka dilakukan pembatasan masalah seperti di bawah ini :

- a. Risiko yang akan ditinjau adalah risiko kegagalan dalam hal kegiatan operasional dari industri pertambangan batu bara.



Gambar 1. 2 Proses Bisnis Perusahaan Kontraktor Pertambangan

- b. Analisa prioritas insiden dilakukan dengan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*), lalu menganalisa penyebab dari masing-masing jenis insiden dengan menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), langkah FMEA hanya sampai pada perhitungan nilai RPN dan parameter *severity*, *occurrence* dan *detection* disesuaikan dengan kondisi sistem yang diteliti. Dan kemudian melakukan pengelompokan setiap tambang batu bara berdasarkan penyebab-penyebab yang ada pada masing-masing tambang.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. Tahap awal penelitian.
 - a. Menentukan topik penelitian yang akan dilakukan.
 - b. Menentukan tujuan penelitian.
 - c. Menentukan batasan-batasan dari penelitian.
 - d. Melakukan studi literatur terhadap landasan teori yang berhubungan dengan topik penelitian, seperti standard proses pada pertambangan batu bara, manajemen risiko, *Fault Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fishbone Chart*, dan *Cluster Analysis*

2. Tahap pengumpulan data.
 - a. Mengumpulkan data-data insiden dari perusahaan yang berhubungan dengan keamanan dan keselamatan kerja di *site* pertambangan batu bara.
 - b. Memilih insiden dengan metode AHP dan memilih beberapa insiden teratas untuk dilanjutkan dalam tahap analisa berikutnya.
 - c. Menganalisa penyebab dari masing-masing insiden.
 - d. Menentukan klasifikasi *rating* dari *occurance*, *severity*, dan *detection* dengan melakukan diskusi dengan para ahli dan juga berdasarkan literatur acuan.
 - e. Menyebarkan kuesioner ke masing-masing tambang untuk mengetahui nilai *severity*, *occurance* dan *detection*.
3. Tahap pengolahan data dan melakukan analisis.
 - a. Merekap data kuesioner untuk masing-masing penyebab insiden dan melakukan perhitungan FMEA.
 - b. Mengkonversi nilai RPN masing-masing penyebab ke dalam nilai ordinal sebagai input cluster analysis.
 - c. Melakukan cluster analysis untuk meng-cluster-kan masing-masing tambang berdasarkan penyebab-penyebab terjadinya insiden.
 - d. Analisa cluster dan memberikan usulan pencegahan dan pengendalian untuk masing-masing cluster.
4. Tahap akhir, yaitu tahap penarikan kesimpulan.

Melakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil pengolahan data dan analisa, dan kemudian memberikan masukan kepada perusahaan mengenai usulan pencegahan dan pengendalian penyebab insiden untuk masing-masing cluster yang terbentuk.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada standard buku panduan penulisan skripsi yang terdiri dari lima bab. Sedangkan untuk langkah-langkah dari metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam bagan 1.3.

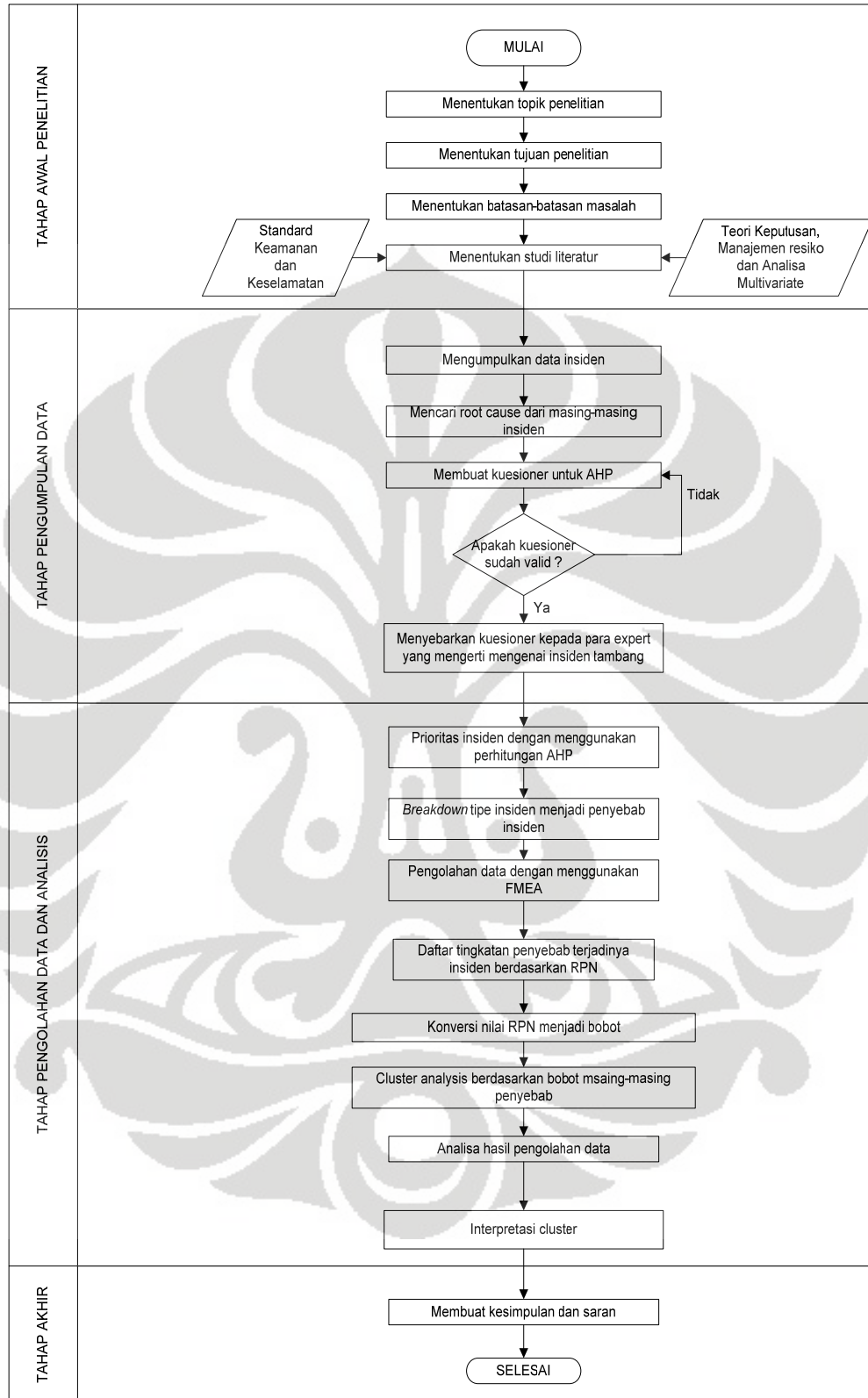
Bab 1 adalah pendahuluan yang menjelaskan mengenai latar belakang permasalahan dari dilakukannya penelitian, diagram keterkaitan masalah, ruang lingkup permasalahan, manfaat dari penelitian, batasan masalah, metodologi yang akan digunakan dalam penelitian dan juga sistematika penulisan.

Bab 2 menjelaskan mengenai landasan teori yang menjadi acuan selama penelitian ini dilakukan. Landasan teori yang dijelaskan berupa manajemen risiko, FMEA, Fishbone chart dan Cluster Analysis.

Bab 3 menjelaskan mengenai profil perusahaan dan perihal pengumpulan data dan juga pengolahannya. Proses pengumpulan data akan dilakukan dengan melakukan meninjau beberapa dokumen-dokumen terkait, diskusi dengan para ahli dan menyebarkan kuesioner kepada para pekerja pada masing-masing pertambangan batu bara dan juga data-data statistik. Proses pengolahan data akan dilakukan dengan menggunakan *tool* FMEA, Fishbone chart dan Cluster analysis.

Bab 4 akan menjelaskan mengenai hasil dari pengolahan data dan juga analisisnya mengenai hasil-hasil yang didapatkan dari pengolahan data tersebut.

Bab 5 menyajikan kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan. Kesimpulan yang diberikan adalah hasil dari dilakukannya penelitian ini, yaitu berupa jumlah cluster dari tambang batu bara dan karakteristiknya berdasarkan penyebab terjadinya insiden.



Gambar 1. 1 Flowchart Metodologi Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

2.1.1 Definisi FMEA

Definisi FMEA adalah suatu metode analisa potensi kegagalan, yang dilakukan sebelum desain produk direalisasikan (disebut design FMEA) dan/ atau sebelum proses produksi masal dimulai (disebut proses FMEA). Tujuan dari FMEA sendiri adalah sebagai “tindakan antisipasi” terhadap kemungkinan munculnya kegagalan, sehingga kegagalan tersebut dapat dicegah atau dikurangi risikonya.

Pada umumnya, FMEA adalah suatu pendekatan sistem yang melibatkan analisis terhadap keseluruhan sistem untuk menentukan efek dari kegagalan komponen atau subsistem pada:

1. Seluruh aspek performa sistem
2. Kemampuan untuk mencapai tujuan dan persyaratan performa yang telah ditentukan.

Dari definisi FMEA diatas dapat disimpulkan bahwa FMEA adalah suatu perangkat yang ditujukan untuk melakukan langkah pencegahan yang paling penting dalam sistem, desain, proses atau pelayanan (servis) untuk mencegah kegagalan dan kesalahan sebelum sampai pada pelanggan. FMEA memiliki sasaran untuk mencegah kerusakan, mempertinggi keselamatan, dan meningkatkan kepuasan konsumen.

FMEA dilakukan pada tahap desain produk atau pada tahap proses pengembangan. Meskipun demikian melakukan FMEA pada produk dan proses yang sudah ada, juga memberikan manfaat yang sangat besar.

2.1.2 Prosedur Pelaksanaan FMEA

Pelaksanaan FMEA sendiri sangat bervariasi namun semua metode penerapan bersumber pada standar yang dikeluarkan organisasi militer Amerika Serikat yang dikenal sebagai US MIL-STD-1629 yang berjudul Procedure for Performing of FMECA. Variasi yang dikemukakan banyak pakar seperti Prof.

Hitoshi Kume berprinsip mengenali semua kecenderungan kegagalan pada setiap komponen pada suatu sistem dan memastikan efeknya pada operasi sistem.

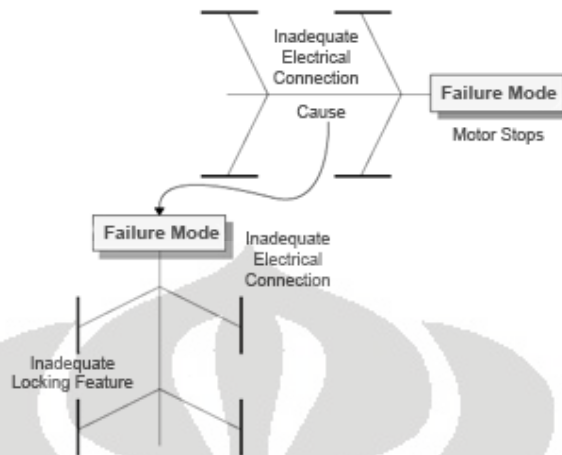
Pelaksanaan FMEA didasari oleh dua macam pendekatan yaitu pendekatan perangkat keras (hardware approach) dan pendekatan fungsi (functional approach). Pada pendekatan perangkat keras yang dipertimbangkan adalah kegagalan perangkat keras yang aktual seperti hubungan arus pendek, korosi dan kebocoran. Sedangkan pada pendekatan fungsi digunakan saat suatu item perangkat keras tidak bisa diidentifikasi secara unik atau pada saat fase desain dimana suatu perangkat keras belum sepenuhnya didefinisikan. Perlu diperhatikan bahwa kecenderungan kegagalan fungsional dapat menjadi efek kegagalan perangkat keras pada FMEA dengan pendekatan perangkat keras. FMEA sendiri dapat dilakukan dengan kombinasi kedua pendekatan di atas.

Rao meringkas langkah-langkah dalam menerapkan FMEA dengan menganggap FMEA sebagai suatu metode semi-kuantitatif sebagai berikut :

1. Identifikasi seluruh kecenderungan kegagalan pada sistem.
2. Definisikan hubungan antara penyebab, efek dan bahaya dari setiap kecenderungan kegagalan tersebut.
3. Berikan prioritas dari masing-masing kecenderungan relatif terhadap probability of occurrence, severity and detection capability.
4. Susun tindakan perbaikan yang merupakan follow up dari setiap kecenderungan kegagalan.

2.1.3 Pengertian Modus Kegagalan

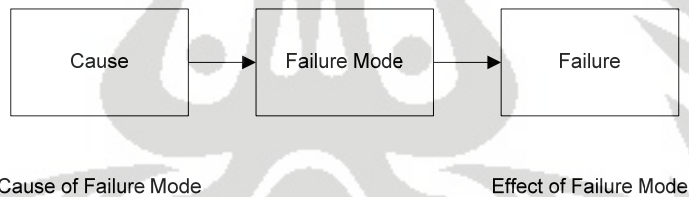
Hal yang paling fundamental dalam penerapan FMEA adalah mengerti tentang konsep Modus Kegagalan (Failure Mode Concept). Modus kegagalan bukanlah kegagalan itu sendiri melainkan satu klasifikasi dari kejadian yang tidak diinginkan yang dapat berakibat pada kegagalan (a class of undesirable phenomena that can result in failure). Demikian juga, modus kegagalan bukanlah penyebab aktual dari kegagalan. Dari sisi penyebab, modus kegagalan adalah satu klasifikasi dari kejadian yang tidak diinginkan yang diakibatkan oleh suatu penyebab tertentu.



Gambar 2. 1 Fishbone Chart Untuk Mengetahui Failure Mode Suatu Masalah

(Sumber : <http://www.quality-one.com/services/fmea.php>)

Modus kegagalan adalah suatu kondisi yang tidak diharapkan yang terletak antara kegagalan dan penyebabnya.



Gambar 2. 2 Proses dari FMEA

2.1.4 Tipe dari FMEA

Berdasarkan objek yang diteliti, maka FMEA dapat terbagi menjadi beberapa tipe⁴, yaitu sebagai berikut.

Proses : menganalisa langkah-langkah pada proses, dengan tujuan untuk menghilangkan kegagalan yang diakibatkan suatu proses dan mengidentifikasi variabel proses yang harus dikendalikan.

⁴ Anonym. Failure Mode and Effect Analysis. September 2008.
 <http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis>, (update terakhir 29 April 2009, diakses pada 11 Mei 2009)

Desain : menganalisa komponen, rakitan, dan aspek lainnya dari suatu desain produk, dengan tujuan menghilangkan kegagalan yang diakibatkan desain yang buruk.

Konsep : analisa sistem atau subsistem dalam tahap konsep desain awal

Peralatan : analisa desain mesin dan peralatan sebelum pembelian

Jasa : analisa proses industri jasa sebelum diluncurkan kepada konsumen

Sistem : analisa fungsi sistem secara global

Software : analisa fungsi software

2.1.5 Keuntungan dan Keterbatasan dari FMEA

Keuntungan yang didapatkan dari penggunaan metode FMEA dalam menganalisa suatu kasus dalam manajemen risiko adalah sebagai berikut⁵.

- Meningkatkan kualitas, reliability, dan kemanan dari suatu produk atau proses.
- Meningkatkan citra perusahaan dan daya saing.
- Meningkatkan kepuasan pengguna.
- Mengumpulkan informasi untuk menurunkan kegagalan di masa yang akan datang.
- Identifikasi awal dan eliminasi potensi moda kegagalan.
- Menekankan pencegahan masalah.
- Meminimalkan perubahan akhir dan biaya terkait.
- Mengurangi kemungkinan kejadian kegagalan yang sama di masa yang akan datang.

Sedangkan beberapa keterbatasan yang ada pada metode FMEA adalah karena FMEA sangat bergantung pada para anggota kelompok yang menguji kegagalan dari suatu produk, hal itu sangat bergantung pada pengalaman dari kegagalan sebelumnya. Jika suatu moda kegagalan tidak dapat diidentifikasi, maka bantuan eksternal sangat dibutuhkan dari konsultan yang sangat mengerti dengan tipe dari kegagalan produk. FMEA merupakan bagian dari sistem

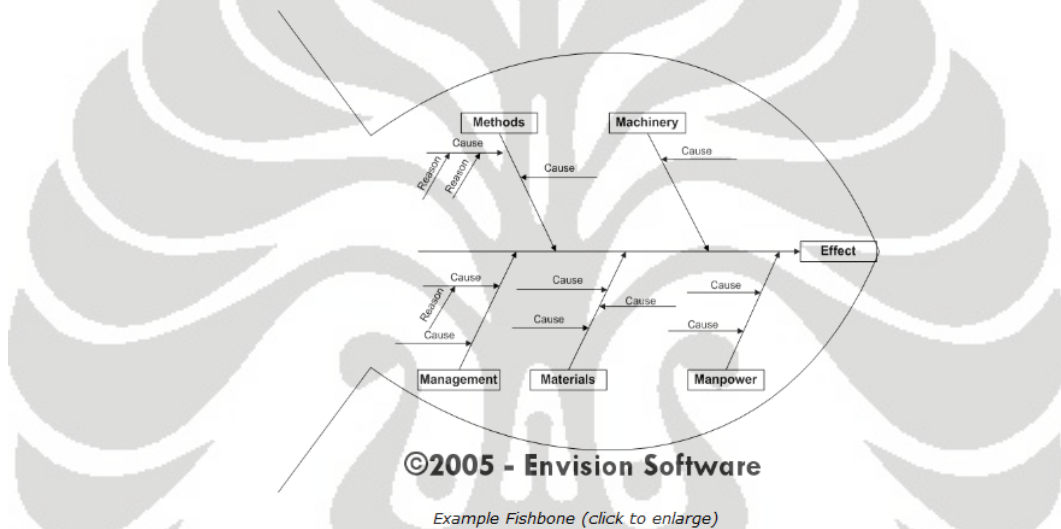
⁵ Anonym. Failure Mode and Effect Analysis. September 2008.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis>, (update terakhir 29 April 2009, diakses pada 11 Mei 2009)

pengendalian kualitas, dimana proses dokumentasi sangat penting untuk dilakukan.

2.2 Fishbone Chart/Ishikawa Diagram

2.2.1 Definisi Fishbone Chart

Ishikawa Diagram (juga disebut dengan Fishbone Chart) adalah suatu diagram yang menunjukkan penyebab dari suatu kejadian tertentu. Penggunaan umum dari fishbone chart ini adalah pada proses desain produk, yang gunanya untuk mengidentifikasi faktor potensial yang menyebabkan beberapa efek.



Gambar 2.3 Ishikawa Diagram (Fishbone Chart)

(Sumber : http://www.envisionsoftware.com/Management/Fishbone_Diagram.html)

Fishbone Chart atau Ishikawa Diagram ini digunakan pertama kali oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1960. Beliau merupakan pionir dalam proses manajemen kualitas di perusahaan Kawasaki dan menjadi salah satu pendiri dari disiplin ilmu manajemen modern. Bersama dengan histogram, Pareto chart, check sheet, control chart, flowchart dan scatter diagram, fishbone chart termasuk ke dalam 7 alat dalam meningkatkan kualitas dari suatu sistem. Fishbone diagram digunakan pada ketika ingin meneliti kemungkinan penyebab dari suatu permasalahan.

2.2.2 Identifikasi Penyebab dalam Fishbone Chart

Penyebab yang ada dalam fishbone chart ini biasanya terdiri dari beberapa kumpulan penyebab. Dalam mengidentifikasi penyebab-penyebab tersebut dapat menggunakan suatu acuan yang disebut dengan 6M⁶. Variabel-variabel yang termasuk ke dalam 6M adalah sebagai berikut :

1. Man
2. Machine
3. Methode
4. Materials
5. Money, and
6. Mother nature (environment)

Variabel Man mengidentifikasi penyebab timbulnya suatu kejadian dari sisi pekerja atau operator yang berkaitan langsung dengan kejadian tersebut. Variabel Machine mengidentifikasi penyebab dari sisi peralatan dan mesin-mesin yang digunakan. Variabel Methode mengidentifikasi penyebab dari sisi metode yang digunakan oleh si operator. Variabel Material mengidentifikasi penyebab dari sisi material yang digunakan. Variabel Money mengidentifikasi penyebab dari sisi keuangannya. Sedangkan variabel Mother Nature mengidentifikasi penyebab dari sisi lingkungan tempat operator bekerja.

Salah satu cara untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab ini adalah dapat dengan menggunakan teknik '5 Whys'. Tulang yang paling banyak berisi penyebab dapat disimpulkan sebagai faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya suatu kejadian. Konsep Ishikawa diagram atau fishbone chart dapat didokumentasikan dan dianalisa dengan menggunakan matriks.

2.2.3 Tipe-Tipe Fishbone Diagram

Variasi yang terdapat pada fishbone diagram adalah sebagai berikut⁷ :

- Cause enumeration diagram
- Process fishbone
- Time-delay fishbone

⁶ Anonim. Ishikawa Diagram. < http://en.wikipedia.org/wiki/Ishikawa_diagram>, (modifikasi terakhir pada 11 Mei 2009, diakses pada 25 Mei 2009)

⁷ Tague, Nancy R., 2005, *The Quality Toolbox Second Edition*, ASQ Quality Press, Milwaukee

- CEDAC (cause-and effect diagram with addition of cards)
- Desired-result fishbone
- Reverse fishbone diagram

2.3 Cluster Analysis

2.3.1 Pengertian Cluster Analysis

Cluster Analysis adalah suatu metode dari teknik multivariat analisis yang memiliki tujuan utama untuk mengelompokkan objek sesuai dengan karakteristik yang dimilikinya. Cluster Analysis mengklasifikasikan objek sehingga tiap objek akan memiliki karakteristik yang mirip dengan objek lainnya dalam satu cluster yang sama berdasarkan kriteria-kriteria yang sudah ditetapkan sebelumnya. Kelompok yang dihasilkan akan memiliki persamaan yang tinggi di dalam cluster itu sendiri dan memiliki perbedaan yang tinggi jika dibandingkan dengan cluster lainnya. Sehingga, jika proses pengklasifikasian berjalan dengan baik, maka objek yang berada pada satu cluster akan berdekatan jika digambarkan secara geometri, sedangkan objek yang berada di cluster lain akan terpisah jauh.

Konsep dari variate merupakan persoalan utama, tetapi variate dalam Cluster Analysis ini berbeda dengan variate dari teknik multivariate lainnya. Variate cluster merupakan suatu set variabel yang mencerminkan karakteristik yang digunakan untuk membandingkan objek dalam Cluster Analysis. Oleh karena itu, variate cluster akan menentukan “karakter” dari objek-objek yang akan dianalisa. Fokus dari cluster analysis berada pada perbandingan antar objek berdasarkan variate yang ada, bukan pada estimasi dari variate itu sendiri. Hal ini membuat definisi dari variate itu sendiri merupakan sesuatu yang sangat penting dalam Cluster Analysis.

Cluster Analysis merupakan salah satu alat yang sangat berguna dalam beberapa situasi. Dalam suatu penelitian, seorang peneliti akan dihadapkan pada jumlah observasi yang sangat besar yang tidak berguna kecuali diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok. Metode Cluster Analysis dapat melakukan prosedur pengurangan data ini berdasarkan tujuan dari penelitian ke dalam beberapa subgroup. Cluster Analysis juga dapat berguna jika seorang peneliti ingin

mengembangkan suatu hipotesis mengenai sifat dari data yang ada ataupun ingin menguji hipotesa yang sudah ada sebelumnya.

2.3.2 Proses Dalam Cluster Analysis

Sama seperti teknik multivariat lainnya, proses dalam Cluster Analysis dapat dibagi ke dalam 6 langkah. Dimulai dengan mengidentifikasi tujuan penggunaan hingga sampai pada tahap validasi hasilnya.

Langkah 1 : Tujuan dari Cluster Analysis

Tujuan utama dari cluster analysis adalah untuk membagi objek-objek yang ada ke dalam 2 atau lebih cluster berdasarkan kesamaan dari objek dalam beberapa karakteristik yang sudah ditentukan sebelumnya. Dalam membentuk cluster yang homogen, tujuan yang dapat ditentukan adalah sebagai berikut :

1. Deskripsi taksonomi. Penggunaan dari cluster analysis yang paling sering digunakan adalah untuk tujuan exploratory dan juga pembentukan dari taksonomi – sebuah klasifikasi empiris berdasarkan objek yang ada.
2. Simplifikasi data. Untuk tujuan mendapatkan sebuah taksonomi, Cluster Analysis juga dapat digunakan untuk menyederhanakan sudut pandang dalam suatu penelitian. Dengan struktur yang terdefiniskan, data observasi dapat dikelompokkan ke dalam beberapa cluster untuk penelitian selanjutnya.
3. Identifikasi hubungan. Dengan objek-objek yang sudah terdefinisi di dalam beberapa cluster, maka dapat dengan mudah ditemukan hubungan yang menjadi dasar pembentukan cluster tersebut jika dibandingkan objek yang berdiri sendiri.

Langkah 2 : Desain Penelitian dalam Cluster Analysis

Setelah tujuan penelitian terdefinisi dan variabel-variabel yang dibutuhkan terpilih, maka hal yang harus dilakukan adalah mendeteksi outliers, mengukur kesamaan, dan menstandarisasi data.

Pendeteksian Outliers

Cluster Analysis sangat sensitif dengan outliers (objek yang sangat berbeda dengan objek lainnya). Outliers dapat mencerminkan apakah (1) objek yang benar-benar menyimpang yang tidak mencerminkan populasi secara umum, atau (2) kurangnya sample dari populasi yang ada sehingga tidak mencerminkan keadaan cluster yang sebenarnya pada populasi yang ada. Dalam hal keduanya, outliers dapat mengganggu struktur sebenarnya dan membuat cluster yang didapatkan tidak mencerminkan keadaan struktur populasi yang sebenarnya. Untuk alasan ini, maka proses seleksi terkadang dibutuhkan.

Pengukuran Kesamaan

Konsep dari kesamaan merupakan sesuatu yang sangat penting dalam Cluster Analysis. Kesamaan antar objek (*interobject similarity*) adalah suatu ukuran kesesuaian atau kemiripan diantara objek untuk dikelompokkan. *Interobject similarity* dapat diukur dengan beberapa cara, tetapi ada 3 cara yang paling dominan digunakan dalam Cluster Analysis, yaitu pengukuran korelasi, pengukuran jarak, pengukuran asosiasi. Tiap metode menunjukkan sudut pandang tertentu dalam hal kesamaan, bergantung pada tujuan dan tipe data yang ada. Untuk Korelasi dan Jarak membutuhkan tipe data metrik, sedangkan untuk pengukuran Asosiasi membutuhkan tipe data nonmetrik.

a. Pengukuran Korelasi

Pengukuran kesamaan antar objek yang mungkin pertama kali dipikirkan adalah koefisien korelasi diantara sepasang objek yang sedang diukur dalam beberapa variabel. Korelasi yang tinggi menunjukkan adanya suatu kesamaan sedangkan korelasi yang rendah menunjukkan rendahnya suatu kesamaan. Pengukuran korelasional mencerminkan kesamaan pola dari semua karakteristik yang berasal dari semua koresponden. Dengan kata lain, pengukuran korelasional mencerminkan kesamaan pola daripada ukuran dari masing-masing karakteristik. Oleh karena itu, pengukuran korelasional jarang sekali digunakan karena kebanyakan aplikasi dari Cluster Analysis lebih menekankan pada ukuran masing-masing karakteristik bukan pada pola dari karakteristik.

b. Pengukuran Jarak

Pengukuran Jarak, untuk mencari kesamaan didasarkan pada kedekatan antar objek observasi yang didapat, adalah pengukuran kesamaan yang paling sering digunakan. Pengukuran jarak pada dasarnya adalah mengukur ketidaksamaan, dengan nilai yang paling besar menunjukkan kesamaan yang makin kecil. Jarak dirubah ke dalam pengukuran kesamaan dengan menggunakan hubungan invers. Beberapa pengukuran jarak dapat digunakan untuk mengukur tingkat kesamaan. Pengukuran jarak Euclidean adalah yang paling sering digunakan. Jarak Euclidean antara dua titik adalah panjang dari sisi miring dari segitiga, seperti yang ditunjukkan pada gambar (buku halaman 486).

c. Pengukuran Asosiasi

Pengukuran Asosiasi digunakan untuk membandingkan objek yang memiliki tipe data nonmetrik (nominal atau ordinal pengukuran). Pengukuran Asosiasi dapat mengukur tingkat persetujuan atau kesesuaian antar tiap pasangan dari responden.

Standarisasi Data

Standarisasi data dilakukan jika range dari masing-masing variabel sangat berbeda. Hal yang paling mudah dilakukan adalah dengan menyamakan satuan dari masing-masing variabel. Namun pada kenyataannya, tidak semua variabel memiliki satuan yang sama. Maka hal yang harus dilakukan adalah menstandarisasi data dengan menggunakan nilai standard (juga disebut sebagai *Z scores*). *Z score* merupakan metode standarisasi data yang paling sering digunakan. *Z score* didapatkan dengan mengurangkan nilai variabel dengan rata-rata dan membaginya dengan standard deviasi.

Langkah 3 : Asumsi dalam Cluster Analysis

Cluster Analysis adalah suatu metodologi untuk mengkuantifikasi karakteristik struktural dari suatu kelompok observasi. Syarat yang harus dipenuhi dipenuhi dalam Cluster Analysis sama dengan syarat pada teknik multivariat lainnya, yaitu *normality*, *linearity*, *homoscedasticity*. Namun selain itu, pada teknik Cluster

Analysis juga harus fokus pada dua hal lainnya, yaitu keterwakilan sampel dan multicollinearity.

Keterwakilan Sampel

Biasanya, sebuah sampel dari suatu kasus didapatkan dan cluster yang didapatkan diharapkan dapat mencerminkan struktur populasi yang ada. Untuk itu, perlu dipastikan bahwa sampel yang didapatkan akan mencerminkan populasi yang ada. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, outlier dapat muncul jika sampel yang didapatkan kurang dari yang seharusnya.

Multicollinearity

Multicollinearity adalah suatu permasalahan dalam teknik multivariate karena kesulitan dalam melihat dampak “sebenarnya” dari variabel yang multicollinear. Tetapi dalam cluster analysis dampaknya berbeda karena variabel-variabel yang multicollinear secara implisit menunjukkan suatu bobot dari suatu dimensi.

Langkah 4 : Mendapatkan Cluster dan Menguji Kesesuaian Secara Umum

Setelah variabel-variabel yang dibutuhkan terpilih dan matriks kesamaan sudah didapatkan, maka hal berikutnya dilakukan adalah proses pembagian observasi ke dalam beberapa cluster. Hal yang pertama dilakukan adalah memilih urutan peng-cluster-an untuk membentuk cluster dan lalu membuat keputusan untuk berapa jumlah cluster yang akan dipilih. Urutan peng-cluster-an dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori, yaitu hierarki dan nonhierarki.

Prosedur Hierarki

Prosedur hierarki menggunakan konstruksi secara hierarki seperti pada struktur pohon. Secara umum terdapat dua tipe prosedur peng-cluster-an hierarki, yaitu aglomeratif dan divisive. Pada metode aglomeratif, tiap objek dimulai sebagai cluster sendiri. Dan kemudian dua objek yang terdekat akan digabungkan menjadi satu cluster, dan seterusnya. Dan pada akhirnya, semua objek akan digabungkan menjadi satu cluster yang sama. Sedangkan metode divisive berlawanan dengan metode aglomeratif. Pada metode divisive, pada awalnya semua objek digabungkan ke dalam satu cluster dan akan dipisahkan berdasarkan kesamaannya, dan pada akhirnya setiap objek akan menempati satu cluster sendiri.

Prosedur Non-Hierarki

Kebalikan dari metode hierarki, prosedur non-hierarki tidak menggunakan proses konstruksi pohon. Tetapi prosedur ini menggabungkan objek ke dalam cluster-cluster setelah ditentukan berapa jumlah cluster yang akan dibentuk. Hal pertama yang dilakukan dalam prosedur ini adalah menentukan *cluster seed* terlebih dahulu sebagai titik tengah dari cluster yang akan dibentuk. Lalu selanjutnya adalah menggabungkan objek-objek yang ada di sekitar *cluster seed* tersebut untuk membentuk suatu cluster. Ada beberapa pendekatan yang dapat dilakukan dalam menentukan *cluster seed* dan juga menggabungkan masing-masing objek ke dalam cluster. Prosedur non-hierarki juga disebut sebagai peng-cluster-an *K-means*, dan secara khusus menggunakan beberapa pendekatan berikut sebagai suatu metode dalam penggabungan suatu objek ke dalam suatu cluster, yaitu *sequential threshold*, *parallel threshold*, dan juga **optimisasi**.

- ***Sequential threshold***. Metode *sequential threshold* dimulai dengan memilih satu *cluster seed* dan beberapa objek disekitarnya dalam jarak yang sudah ditentukan sebelumnya. Setelah semua objek yang berada di sekitar *cluster seed* sudah termasuk ke dalam cluster, maka dipilih *cluster seed* kedua untuk membentuk cluster yang kedua. Langkah-langkah di atas dilanjutkan hingga jumlah cluster yang sudah ditentukan sebelumnya terpenuhi semua.
- ***Parallel threshold***. Kebalikan dari metode *sequential threshold*, metode *parallel threshold* memilih beberapa *cluster seed* terlebih dahulu secara berurutan, setelah semua *cluster seed* terpilih, maka objek-objek yang berada di sekitar *cluster seed* dalam jarak yang sudah ditentukan akan digabungkan ke dalam cluster-cluster yang akan dibentuk.
- **Optimisasi**. Metode ketiga, yaitu metode optimisasi, memiliki kesamaan dengan kedua metode sebelumnya, yang membedakan disini adalah pada metode optimisasi terjadi penggabungan kembali jika suatu objek berada diluar atau keluar dari jarak yang sudah ditentukan dari *cluster seed* yang ada. Jika dalam satu tahap penggabungan objek, suatu objek menjadi lebih dekat ke salah satu *cluster seed* yang bukan clusternya sekarang,

maka objek tersebut akan digabungkan dengan cluster yang memiliki *cluster seed* yang lebih dekat jaraknya.

Langkah 5 : Interpretasi Cluster

Tahap interpretasi dilakukan dengan menguji tiap cluster untuk menamakan atau memberikan label yang menggambarkan karakteristik dari masing-masing cluster yang ada. Ketika memulai proses interpretasi, yang paling sering digunakan adalah titik tengah dari masing-masing cluster. Data yang digunakan dalam proses interpretasi cluster adalah data mentah yang didapatkan dari hasil observasi, bukan data hasil standarisasi ataupun data hasil Factor Analysis. Menginterpretasikan suatu cluster mendapatkan lebih dari hanya sekedar deskripsi cluster. Pertama, didapatkan suatu kesimpulan dari penilaian koresponden dari cluster yang terbentuk dari teori yang diajukan sebelumnya. Jika digunakan dalam moda konfirmasi, maka profil dari analisis cluster menyediakan kesimpulan langsung dari penilaian koresponden. Kedua, profil dari suatu cluster dapat digunakan untuk tahap penelitian selanjutnya. Seorang peneliti akan membutuhkan perbedaan mendasar dari masing-masing cluster yang terbentuk untuk dilakukan tahap analisis selanjutnya.

Langkah 6 : Validasi dan Meriwayatkan Cluster

Diakarenakan jumlah cluster yang terbentuk sangat subjektif sekali, maka seorang peneliti harus lebih peka pada validasi dari hasil cluster yang terbentuk. Beberapa pendekatan diajukan untuk menyediakan dasar bagi penilaian peneliti.

Validasi Cluster

Tahap validasi ini juga termasuk usaha dalam usaha peneliti untuk meyakinkan bahwa solusi cluster yang terbentuk merupakan perwakilan dari populasi secara umum, dan dapat digunakan pada semua objek dan dapat bertahan dalam beberapa waktu yang lama. Pendekatan yang paling sering digunakan adalah membandingkan solusi cluster dan hasil dari penilaian koresponden. Peneliti juga dapat mengeluarkan beberapa kriteria atau prediksi validitas. Untuk melakukan ini, peneliti harus memilih beberapa variabel yang tidak digunakan untuk

membentuk cluster tetapi memiliki nilai yang bervariasi di semua cluster. Variabel yang digunakan sebagai prediksi validitas harus memiliki dukungan teoritis yang sangat kuat sehingga variabel tersebut mampu digunakan sebagai pembandingan diantara cluster yang ada.

Meriwayatkan Cluster

Meriwayatkan cluster merupakan menjelaskan karakteristik dari masing-masing cluster yang ada kenapa masing-masing dari cluster tersebut berbeda. Dalam melakukan periwiyatan cluster, data yang digunakan bukanlah data yang sebelumnya digunakan. Data yang digunakan adalah data karakteristik demografis, profile psikografis, pola konsumsi, dan sejenisnya. Dengan singkat, analisa profil fokus pada menjelaskan bukan pada apa yang secara langsung menentukan terbentuknya suatu cluster, namun pada karakteristik dari cluster tersebut setelah mereka teridentifikasi. Selain itu, penekanan terjadi pada karakteristik yang secara signifikan berbeda di semua cluster dan juga pada karakteristik yang dapat memprediksi anggota-anggota dari suatu cluster tertentu.

2.4 Kecelakaan Kerja Dan Safety

Untuk beberapa orang, pengertian *human error* berkonotasi negatif. Pendekatan yang lebih baik terhadap pengertian human error ini adalah dengan mempertimbangkannya sebagai suatu kejadian (*event*) yang dapat diselidiki sebab terjadinya. *Human Error* dapat diartikan sebagai hasil keputusan atau tingkah laku manusia yang tidak tepat atau tidak diinginkan, memiliki potensi untuk dikurangi, ditingkatkan efektivitasnya, keamanan dan juga kinerja sistemnya.⁸ Walaupun terdapat kecenderungan untuk mengaitkan human error dengan operator, namun pihak-pihak lain yang terlibat dalam desain dan operasi suatu sistem juga dapat berkontribusi terhadap terjadinya *human error*. Pihak-pihak lain tersebut adalah desainer peralatan yang digunakan dalam system tersebut, manajer, *supervisor*, dan bagian pemeliharaan (*maintenance personnel*). Untuk itu, ketika membicarakan *human error*, maka operator tidak harus selalu menjadi fokus perhatian, tetapi juga dengan mempertimbangkan keseluruhan sistem.

⁸ Sanders, Mark dan Ernest J. McCormick. *Human Factors in Engineering and Design*. 1993. USA: McGraw-Hill. (p. 656)

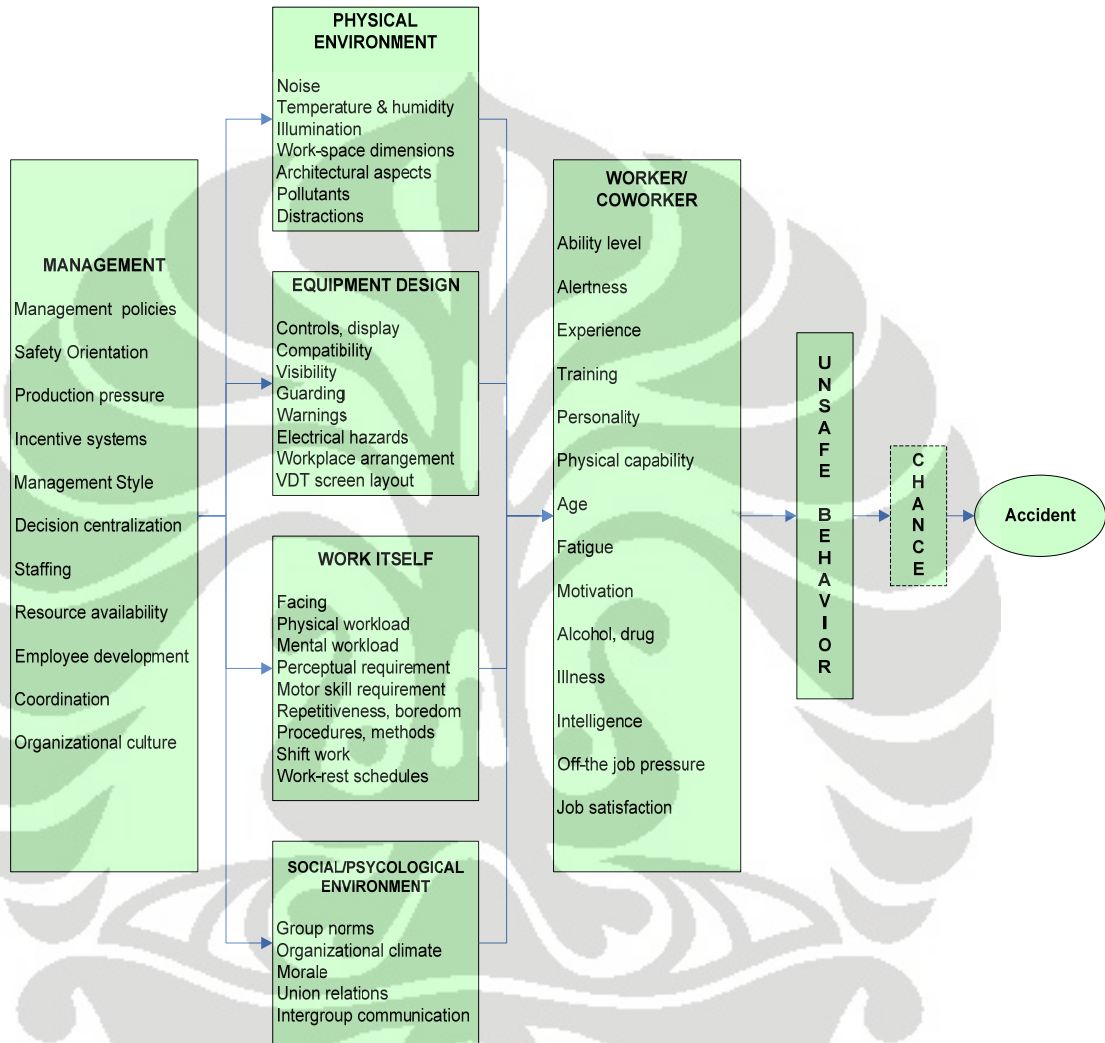
Human error yang terjadi di tempat kerja dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja didefinisikan sebagai “*an anticipated event which damages the system and/or the individual or affects the accomplishment of the system mission or the individual’s task*” (Meister, 1987). Beberapa definisi sering menyamakan antara kecelakaan kerja dengan luka-luka, namun pada kenyataannya kedua hal tersebut tidak dapat disamakan. Kecelakaan kerja sering kali terjadi tanpa disertai dengan luka-luka pada operator tetapi hanya menyebabkan kerusakan property pada suatu sistem⁹. Untuk mengkategorikan sebuah kejadian sebagai suatu kecelakaan kerja maka terdapat tiga indikator: (1) kejadian tersebut tidak diharapkan untuk terjadi, (2) kejadian tersebut tidak dapat dihindari, dan (3) kejadian tersebut tidak dimaksudkan untuk terjadi (Suchman 1961).

Kecelakaan kerja sering dikaitkan dengan *human error*. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Heinrich (1959) pada perusahaan asuransi bahkan melaporkan bahwa 85% kecelakaan yang terjadi disebabkan oleh *human error*. Namun persentase kontribusi *human error* terhadap kecelakaan kerja harus dipertimbangkan berdasarkan beberapa faktor. Contohnya, manusia mana yang diperhatikan ketika disebutkan terjadi *human error*? Definisi tradisional yang ada mendeskripsikan *human error* sebagai *operator error*. Namun, pemikiran tersebut sangatlah sempit jika dihubungkan dengan pihak-pihak lain yang memiliki kontribusi terjadinya *human error*. Pihak-pihak seperti manajer, desainer sistem, bagian pemeliharaan, dan kolega kerja juga dapat berkontribusi terhadap terjadinya *human error*. Ketika pengertian *human error* yang lebih luas ini diyakini, maka sangat bisa dikatakan bahwa “*human error* adalah penyebab dari semua kecelakaan kerja yang terjadi” (Petersen, 1984).

Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan dilukiskan oleh banyak peneliti dalam beberapa model. Sanders dan Shaw (1988) meninjau faktor-faktor yang diperhitungkan dalam beberapa model berbeda. Berdasarkan tinjauan yang mereka lakukan diajukan sebuah model yang dikenal dengan *Contributing Factors in Accident Causation (CFAC)*. Keunikan dari model CFAC ini adalah penekanannya pada faktor manajemen dan sosial-

⁹ Sanders, Mark dan Ernest J. McCormick. *Human Factors in Engineering and Design*. 1993. USA: McGraw-Hill. (p. 662)

psikologi, penjelasan mengenai sistem manusia-mesin-lingkungan dengan mengkategorikannya secara terpisah untuk masing-masing komponen, penjelasan yang sederhana (*simplicity*), dan juga mudah dimengerti.

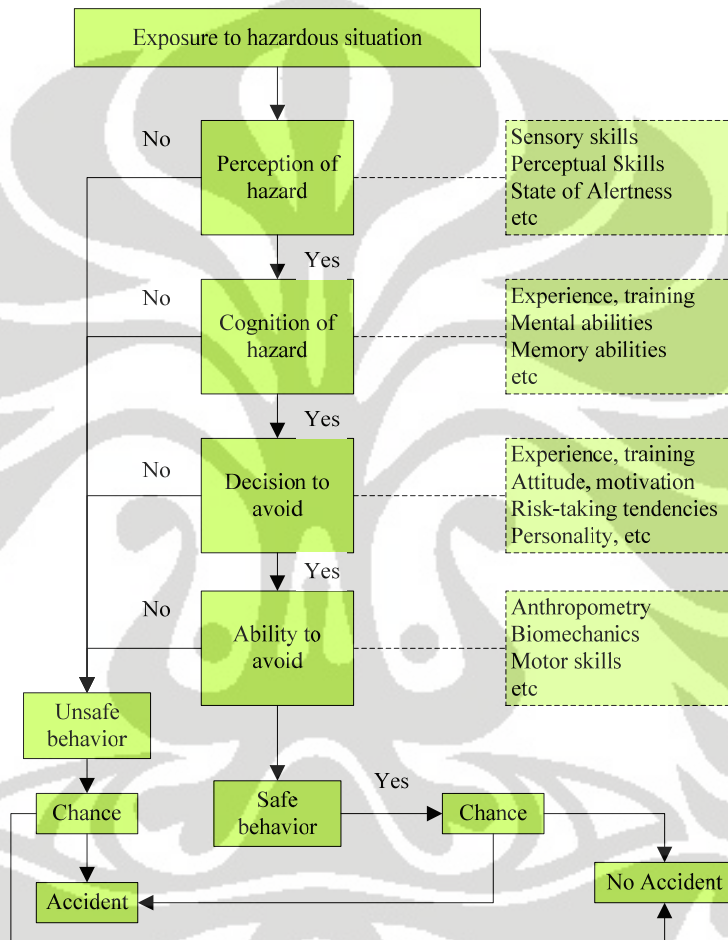


Gambar 2. 4 Contributing Factors in Accident Causation (CFAC) Model

(Sumber: Sanders and Shaw, 1988, Fig 7)

Ilustrasi dengan pendekatan yang berbeda dalam mengidentifikasi faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya kesalahan dijelaskan dalam model yang diajukan oleh Ramsey (1985). Ramsey menelusuri langkah-langkah pemrosesan informasi yang termasuk dalam urutan proses terjadinya kecelakaan dan membuat

daftar factor yang mempengaruhi setiap proses tersebut. Faktor yang ditelusuri oleh Ramsey hanyalah faktor-faktor yang berhubungan dengan karakteristik dari seorang individu. Jika dibandingkan dengan model yang diajukan oleh Sanders dan Shaw yang melihat faktor-faktor dari sisi lingkungan kerja, maka model Ramsey ini sangat cocok digunakan untuk menelusuri faktor terjadinya kecelakaan pada berbagai situasi yang berbahaya.¹⁰



Gambar 2. 5 Accident Sequence Model

(Sumber: Ramsey, 1985)

2.5 Teori Analytic Hierarchy Process (AHP)

AHP ditemukan dan dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, profesor matematika dari Universitas Pittsburg, Amerika Serikat, sekitar tahun 1970-an.

¹⁰ Sanders, Mark dan Ernest J. McCormick. *Human Factors in Engineering and Design*. 1993. USA: McGraw-Hill. (p. 666-667)

AHP adalah perangkat pengambilan keputusan yang tangguh dan fleksibel untuk permasalahan yang kompleks, melibatkan banyak kriteria, dan memerlukan penyelarasan antara aspek kualitatif dan kuantitatif¹¹. AHP membantu para pengambilan keputusan untuk mengorganisasikan komponen-komponen penting dari suatu masalah dalam struktur hirarki.

Secara prinsip, AHP digunakan untuk menentukan prioritas/bobot untuk alternatif-alternatif solusi dan kriteria-kriteria yang digunakan untuk menilai alternatif tersebut. AHP dikonstruksikan berdasarkan prinsip transformasi skala rasio, pembuatan struktur hirarki dari elemen-elemen keputusan, operasi perbandingan berpasangan, dan metode kalkulasi *eigen value*. Untuk menguji kelayakannya digunakan rasio inkonsistensi.

AHP telah digunakan secara luas, terkadang dikombinasikan dengan program matematika, dalam pengevaluasian kinerja sistem bisnis dan manufaktur. AHP telah diterapkan dan diimplementasikan dalam perangkat lunak komersial seperti *HIPRE*, *Criterion*, dan *Expert Choice*.

AHP digunakan karena kemampuannya untuk melibatkan faktor-faktor non kuantitatif yang bukan berupa angka-angka finansial. Analisis kinerja yang menyeluruh harus melibatkan informasi non-finansial baik kualitatif maupun kuantitatif yang mungkin tidak tercantum dalam laporan keuangan tetapi sangat dibutuhkan untuk menilai kinerja perusahaan dengan lebih baik.

2.5.1 Keunggulan AHP

Keunggulan AHP terletak pada struktur hirarkinya yang memungkinkan pengambil keputusan memasukkan semua faktor penting, realistis ataupun tidak, dan mengatur posisinya dalam hirarki sesuai dengan tingkat kepentingannya. AHP juga dapat dimanfaatkan untuk mengumpulkan fakta baik kualitatif maupun kuantitatif yang nantinya dapat disintesis menjadi skala prioritas.

AHP dan model-model turunannya dapat melibatkan lebih dari satu kriteria dan dapat mengintegrasikan seluruh kriteria-kriteria, finansial dan non finansial ke sebuah skor penilaian kinerja secara keseluruhan. AHP mampu menangani dengan lebih baik analisis keputusan yang multi-kriteria, dengan

¹¹ Anonim, tanpa tahun, “*The Analytic Hierarchy Process*”, <www.isahp2003.net>

tujuan yang saling konflik, dan memfasilitasi proses pengambilan keputusan kelompok. Dengan demikian, AHP tidak hanya membantu dalam pengambilan keputusan yang tepat, tetapi juga memberikan alasan yang rasional dari keputusan yang dibuat. Beberapa keunggulan AHP¹²:

1. Strukturnya yang hirarki sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai pada batas toleransi inkonsistensi sebagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusan.
3. Memperhitungkan daya tahan atau ketahanan *output* analisis sensitivitas pengambilan keputusan.
4. Memiliki kemampuan untuk memecahkan permasalahan yang berdimensi multikriteria berdasarkan pada perbandingan preferensi dari setiap elemen pada hirarki.

2.5.2 Kelemahan AHP

Sementara itu, AHP memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

1. Ambiguitas pada prosedur penanyaan dan penggunaan skala rasio.
2. Ketidakpastian tidak diperhitungkan ketika memetakan persepsi ke dalam bentuk numerik.
3. Subjektivitas dan preferensi pengambil keputusan masih merupakan pengaruh besar pada keputusan akhir.
4. Proses AHP yang sederhana menjebak orang menjadi pengguna yang 'dangkal', maksudnya AHP langsung digunakan tanpa mengkaji premis yang dituntut telah memuaskan atau belum.

2.5.3 Tujuh Pilar AHP

Meskipun metode AHP sudah ditemukan lebih dari dua dekade yang lalu dan dalam kurun waktu tersebut telah muncul banyak perbaikan dan modifikasi, namun secara umum ada 7 (tujuh) pilar AHP¹³, yaitu:

¹² Saaty, 1991, dikutip dari Novianti, Mirsa Diah, Studi Pengembangan Industri Konveksi di Depok Dengan Pendekatan Metode *Analytic Hierarchy Process*, Tesis, Universitas Indonesia, 2006, h. 27

¹³ Saaty, T.L., 1999, "*The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process*", University of Pittsburgh, USA.

1. Skala rasio
2. Perbandingan berpasangan
3. Kondisi-kondisi untuk sensitivitas dari vektor *eigen*
4. Homogenitas dan klasterisasi
5. Sintesis
6. Mempertahankan dan membalikkan urutan
7. Pertimbangan kelompok.

Skala Rasio

Rasio adalah perbandingan dua nilai (a/b) dimana nilai a dan b bersamaan jenis (satuan). Skala rasio adalah sekumpulan rasio yang konsisten dalam status transformasi yang sama (multiplikasi dengan konstanta positif). Sekumpulan nilai (dalam satuan yang sama) dapat distandardisasi dengan melakukan normalisasi sehingga satuan tidak diperlukan lagi dan objek-objek tersebut dapat dengan mudah dibedakan satu sama lain.

Skala rasio yang sudah dinormalisasi adalah ide sentral dari pembuatan sintesis prioritas pada semua metode *multi-criteria decision making* (MCDM). Tambahan pula, skala rasio adalah cara satu-satunya untuk menggeneralisasi suatu teori keputusan. Skala rasio juga dapat digunakan untuk membuat keputusan yang melibatkan beberapa hirarki seperti dalam memilih strategi berdasarkan keuntungan, biaya, kesempatan dan resiko.

Dalam AHP, skala rasio untuk perbandingan berpasangan antara objek i dan j adalah perbandingan antara bobot objek i (w_i) dan bobot objek j (w_j) tersebut, atau dinotasikan w_i/w_j . Saaty menemukan satu skala yang menyederhanakan penggunaannya yaitu menggunakan bilangan bulat 1 sampai 9 yang sesungguhnya mempresentasikan $(w_i/w_j)/1$. Skala 1 – 9 ini merupakan hasil dari riset psikologi Saaty tentang kemampuan individu dalam membuat perbandingan secara berpasangan terhadap beberapa elemen. Penggunaan skala 1 – 9 temuan Saaty ini terbukti mampu untuk memudahkan perhitungan relatif antar objek dan memberikan skala rasio dengan tingkat akurasi tinggi yang secara fundamental dibutuhkan dalam AHP. Hal ini ditunjukkan melalui nilai RMS (*root*

mean squares) dan MAD (*mean absolute deviation*) pada berbagai permasalahan. Skala Saaty dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Skala Saaty 1 – 9

Preferensi penilaian verbal satu objek terhadap objek lain	Nilai
Tingkat kepentingan sama	1
Tingkat kepentingan lemah	3
Tingkat kepentingan kuat	5
Tingkat kepentingan sangat kuat	7
Tingkat kepentingan absolut / ekstrim	9
Nilai tengah diantara 2 penilaian yang berdekatan	2, 4, 6, 8

Jika objek i memperoleh salah satu dari nilai-nilai diatas ketika dibandingkan dengan objek j , maka objek j memperoleh nilai kebalikan (*reciprocal*) ketika dibandingkan dengan objek i

Perbandingan berpasangan

Perbandingan berpasangan dilakukan untuk memberikan bobot relatif antar kriteria dan/atau alternatif, sehingga akan didapatkan prioritas dari kriteria dan/atau alternatif tersebut. Ada tiga pendekatan untuk mengurutkan alternatif/kriteria yaitu relatif, absolut, dan patok duga (*benchmarking*).

Sensitivitas vektor eigen

Sensitivitas vektor *eigen* terhadap perubahan kriteria membatasi jumlah elemen pada setiap set perbandingan. Hal ini membutuhkan homogenitas dari elemen-elemen yang bersangkutan. Perubahan haruslah dengan cara memilih elemen kecil sebagai suatu unit dan menanyakan berapa pengaruhnya terhadap elemen yang lebih besar.

Homogenitas dan Klasterisasi

Klasterisasi dipakai apabila perbedaan antar elemen lebih dari satu derajat, guna melebarkan skala fundamental secara perlahan, yang pada akhirnya memperbesar skala 1 – 9 ke 1 – ∞ (tak berhingga). Hal ini terutama berlaku pada pengukuran relatif.

Sintesis

Sintesis diaplikasikan pada skala rasio guna menciptakan suatu skala unidimensional untuk merepresentasikan keluaran menyeluruh dengan menggunakan pembobotan tambahan.

Mempertahankan Urutan dan Membalikkannya

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

Pertimbangan Kelompok

Pertimbangan kelompok haruslah diintegrasikan secara hati-hati dan matematis. Dengan AHP, dimungkinkan untuk mempertimbangkan pengalaman, pengetahuan dan kekuatan yang dimiliki individu yang terlibat. Konsensus atau voting tidak perlu dipaksakan mengingat AHP dapat mengumpulkan penilai kolektif.

2.5.4 Penggunaan AHP

Langkah-langkah untuk menggunakan AHP adalah¹⁴:

1. Mendefinisikan masalah dan merinci pemecahan yang diinginkan.
2. Membuat struktur permasalahan secara hirarki dari sudut pandang manajerial secara keseluruhan.

¹⁴ Saaty, T.L., 1991, dikutip dari Novianti, Mirsa Diah, *Op. Cit.*, hal 32

3. Membuat matriks perbandingan berpasangan untuk setiap elemen dalam hirarki.
4. Memasukkan semua pertimbangan yang dibutuhkan untuk mengembangkan perangkat matriks.
5. Mensintesis data dalam matriks perbandingan berpasangan sehingga didapatkan prioritas setiap elemen hirarki.
6. Menguji konsistensi prioritas yang didapat.
7. Melakukan langkah-langkah tersebut untuk setiap tingkatan hirarki.
8. Menggunakan komposisi secara hirarki untuk membobotkan vektor-vektor prioritas itu dengan bobot-bobot kriteria dan menjumlahkan semua nilai prioritas tersebut dengan nilai prioritas dari tingkat bawah berikutnya, dan seterusnya. Hasilnya adalah vektor prioritas menyeluruh untuk tingkat hirarki paling bawah.
9. Mengevaluasi konsistensi untuk seluruh hirarki dengan mengalikan setiap indeks konsistensi dengan prioritas kriteria bersangkutan dan menjumlahkan hasil kalinya. Hasil ini kemudian dibagi dalam pernyataan sejenis yang menggunakan indeks konsistensi acak yang sesuai dengan diameter tiap matriks. Rasio inkonsistensi hirarki itu harus 10% atau kurang. Jika tidak, prosesnya harus diperbaiki atau diulang.

Dari sembilan langkah tersebut, beberapa hal penting yang perlu diperhatikan adalah identifikasi masalah dan pembuatan hirarki, perhitungan prioritas/bobot, uji konsistensi logis, dan sintesis bobot alternatif.

- *Identifikasi Masalah dan Pembuatan Hirarki*

Setiap pengambilan keputusan selalu didahului dengan pengidentifikasian masalah yang akan diselesaikan. AHP dimulai dengan identifikasi permasalahan, kemudian menguraikannya menjadi elemen-elemen pokok untuk mendukung keputusan yang akan diambil. Elemen-elemen ini dapat berupa alternatif tindakan, atribut atau kriteria yang akan digunakan untuk menentukan prioritas atau peringkat dari serangkaian alternatif solusi yang akan diambil. Proses penentuan elemen-elemen dan relasi antar elemen tersebut dikenal sebagai proses strukturisasi hirarki.

Hirarki adalah inti dari metode AHP. Dengan hirarki maka permasalahan yang kompleks dapat diurai menjadi elemen-elemen yang lebih sederhana. Oleh karena itu penyusunan elemen-elemen hirarki harus memperhatikan kesetaraan antar elemen sehingga mempermudah dalam melakukan perbandingan. Dalam penyusunan hirarki ini sebaiknya melibatkan penilaian dari beberapa pakar (*expert judgement*) agar permasalahan dapat dengan tepat digambarkan dalam hirarki. Untuk melakukan penilaian yang objektif dibutuhkan minimal empat orang pakar¹⁵.

Tingkat teratas pada hirarki disebut tujuan (*goal*). Setelah tujuan terdapat kriteria-kriteria yang dapat menunjang tujuan tersebut. Jika kriteria masih dapat diuraikan lagi, maka tingkatan dibawahnya disebut sebagai subkriteria. Jumlah tingkatan hirarki tidak dibatasi dan disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya. Sedangkan alternatif-alternatif solusi digambarkan pada bagian lain dari hirarki.

Penentuan jumlah kriteria yang digunakan pada setiap level ditentukan berdasarkan prinsip homogenitas untuk mencapai nilai konsistensi yang baik. Oleh karena itu, jumlah kriteria dipilih hanya beberapa yang paling penting saja (maksimum 7 kriteria) yang ditentukan berdasarkan penilaian pakar atau nilai skor tertinggi hasil dari pengolahan kuesioner. Pemilihan kriteria juga berdasarkan pada kemampuan kriteria tersebut untuk mengakomodasi penilaian kuantitatif dan kualitatif agar dapat menggambarkan tujuan pengambilan keputusan dengan tepat.

- *Penentuan Prioritas/Bobot*

Prioritas/bobot diberikan pada elemen-elemen hirarki berdasarkan tingkat kepentingannya menggunakan metode perbandingan berpasangan. Kriteria-kriteria dibobotkan berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap pencapaian tujuan. Setiap alternatif dibobotkan terhadap masing-masing kriteria. Proses pembobotan ini mengatasi masalah perbedaan skala akibat interpretasi pengambil keputusan.

Perbandingan berpasangan dilakukan antar elemen dalam bentuk matriks untuk menilai elemen mana yang lebih penting atau lebih disukai atau yang lebih mungkin, dan seberapa besar elemen tersebut lebih penting atau lebih disukai. Secara singkat, perbandingan berpasangan telah dijelaskan pada bagian

¹⁵ Saaty, T.L., <press.com>, 6 Desember 2000, dikutip dari Novianti, Mirsa Diah, *Op. Cit.*, hal 34

sebelumnya tentang tujuh pilar AHP. Berikut adalah metode perhitungan matematis untuk prioritas/bobot elemen dalam AHP¹⁶.

Asumsinya dalam suatu subsistem operasi terdapat n elemen operasi, yaitu A_1, A_2, \dots, A_n , maka hasil perbandingan secara berpasangan dari elemen-elemen tersebut akan membentuk matriks perbandingan seperti terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Matriks Elemen Operasi

A	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}
...
A_n	a_{n1}	a_{nn}

(Sumber : Saaty, T.L., dikutip dari Novianti, Mirsa Diah, *Op. Cit.*, hal 35-38)

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

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \text{ dimana } i \text{ dan } j = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Unsur-unsur pada matriks tersebut didapatkan melalui perbandingan antara satu elemen operasi terhadap elemen operasi lainnya pada tingkat hirarki yang sama. Misalnya unsur a_{11} adalah perbandingan antara elemen A_1 dengan elemen A_1 sendiri, kemudian a_{12} adalah perbandingan antara elemen A_1 dengan A_2 , dan seterusnya. Sebagai matriks resiprokal, maka nilai a_{21} sama dengan nilai $\frac{1}{a_{12}}$ (saling berkebalikan).

¹⁶ Saaty, T.L., dikutip dari Novianti, Mirsa Diah, *Op. Cit.*, hal 35-38

- *Uji Konsistensi Logis*

Pengujian konsistensi logis adalah mencari hubungan antar elemen yang saling terkait dan menunjukkan konsistensi. Konsistensi logis dapat dibagi atas dua hal, yaitu:

1. Pemikiran atau objek yang serupa dikelompokkan menurut homogenitas dan relevansinya.
2. Intensitas relasi antar objek atau ide yang dilandasi oleh kriteria tertentu yang saling membenarkan secara logis.

- *Perhitungan Konsistensi Matriks*

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

Hubungan kardinal: $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$

Hubungan ordinal: $A_i > A_j, A_j > A_k$; maka $A_i > A_k$

Selain itu, terdapat dua jenis preferensi untuk menyatakan hubungan konsistensi tersebut, yaitu preferensi multiplikatif dan preferensi transitif. Namun pada prakteknya, tidak semua perbandingan berpasangan memenuhi hubungan seperti itu. Pengujian konsistensi umumnya didasarkan pada deviasi atau penyimpangan. Jika deviasi konsistensi kecil pada koefisien dalam matriks, maka deviasi nilai *eigen* juga kecil.

Bila diagonal utama dari matriks bernilai 1 (satu) dan konsisten, maka penyimpangan kecil dari a_{ij} akan tetap menunjukkan nilai *eigen* terbesar (λ_{max}) di mana nilainya mendekati n dan nilai *eigen* sisanya akan mendekati 0 (nol).

Untuk menyatakan penyimpangan konsistensi dinyatakan melalui Indeks Konsistensi (CI) sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.2)$$

dimana: λ_{max} = nilai *eigen* maksimum

n = ukuran matriks (UM)

CI = indeks konsistensi

Indeks Acak (RI) adalah nilai indeks acak berdasarkan ukuran matrik (n) yang digunakan untuk menghitung Rasio Konsistensi (CR). Nilai CR diperoleh dari rumus $CR = \frac{CI}{RI}$. Nilai indeks acak dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Nilai Indeks Acak (RI)¹⁷

U M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,5 8	0,9 0	1,1 2	1,2 4	1,3 2	1,4 1	1,4 5	1,4 9	1,5 1	1,4 8	1,5 6	1,5 7	1,5 9

• *Perhitungan Konsistensi Hirarki*

Secara keseluruhan hirarki harus konsisten. Untuk menguji konsistensi hirarki digunakan rumus-rumus sebagai berikut¹⁸:

$$CRH = \sum_{j=1}^h \sum_{i=1}^{n_j} w_{ij} \cdot u_{i,j+1} \quad (2.3)$$

dimana: j = tingkatan hirarki (1, 2, ..., h)

n_j = jumlah elemen pada tingkatan hirarki ke-j

w_{ij} = prioritas relatif dari elemen ke-i tingkatan hirarki ke-j

u_{j+1} = indeks konsistensi semua elemen pada tingkatan hirarki ke-j+1 yang dibandingkan dengan elemen tingkatan hirarki ke-j

Rumus tersebut dapat disederhanakan menjadi:

$$CCI = CI_1 + (EV_1) \cdot CI_2 \quad (2.4)$$

$$CRI = RI_1 + (EV_1) \cdot RI_2 \quad (2.5)$$

$$CRH = \frac{CCI}{CRI} \quad (2.7)$$

dimana:

CRH = Rasio konsistensi hirarki

CCI = Indeks konsistensi hirarki

CRI = Indeks konsistensi acak hirarki

¹⁷ Saaty, 1991, dikutip dari Novianti, Mirsa Diah, *Op. Cit.*, hal 39

¹⁸ Saaty, 1991, dikutip dari Novianti, Mirsa Diah, *Op. Cit.*, hal 39-41

- CI_1 = Indeks konsistensi matriks perbandingan berpasangan pada hirarki tingkatan pertama
- CI_2 = Indeks konsistensi matriks perbandingan berpasangan pada hirarki tingkatan kedua (dalam bentuk vektor kolom)
- EV_2 = Nilai prioritas dari matriks perbandingan berpasangan pada hirarki tingkatan pertama (dalam bentuk vektor baris)
- RI_1 = Indeks konsistensi acak dari matriks perbandingan berpasangan pada hirarki tingkatan pertama (j)
- RI_2 = Indeks konsistensi acak dari matriks perbandingan berpasangan pada hirarki tingkatan kedua (j+1)
- Konsistensi keseluruhan hirarki dinilai layak apabila rasio konsistensi hirarki (CRH) $\leq 10\%$.

- *Sintesis Bobot Alternatif*

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

1. Metode Relatif

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

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

2. Metode Absolut

- a. Tingkat terakhir hirarki (paling bawah) bukanlah subkriteria melainkan skala intensitas yang mana akan menjadi dasar pengukuran alternatif pada masing-masing kriteria atau subkriteria.
- b. Skala intensitas tersebut digambarkan sebagai sekumpulan cabang dibawah kriteria atau subkriteria yang bersangkutan dan dibobotkan melalui perbandingan berpasangan antar skala intensitas pada

kriteria/subkriteria yang sama. Nilai setiap skala intensitas tersebut dibagi dengan skala intensitas yang terbesar (normalisasi).

Alternatif tidak ditampilkan pada struktur hirarki. Dengan metode ini, semua alternatif dibandingkan dengan standar yang sama yaitu skala intensitas. Bobot setiap alternatif dihitung dengan cara mengalikan bobot skala intensitas dengan bobot kriteria/ subkriterianya dan kemudian diakumulasikan.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Profil Perusahaan

PT. X didirikan pada tahun 1974, dalam bentuk suatu divisi rental *heavy equipment* dari PT. United Contractors yang kemudian berubah menjadi *Plant Hire and Mining Division* (PHM Division) pada tahun 1988. PHM Division ini merupakan bagian (anak perusahaan) dari PT. United Contractors Tbk. yang juga adalah anak perusahaan PT. Astra Internasional. PHM Division merupakan divisi penyewaan alat-alat berat dengan merek-merek seperti Komatsu, Nissan, Volvo, dan lain-lain.

Pada tahun 1993, PT. X mulai berdiri sebagai suatu perusahaan kontraktor pertambangan yang secara konsisten ikut berperan serta dalam proses pembangunan bangsa. Dalam upayanya untuk menjadi salah satu perusahaan kontraktor pertambangan kelas dunia (*world class mining contractor company*), pada tahun 1996 PT. X melakukan terobosan dengan merintis kegiatan di Vietnam. Hal ini didukung pula dengan keberhasilan PT. X pada tahun 2003 menjadi kontraktor tambang batu bara terbesar di Indonesia dengan total produksi mencapai 40% dari total produksi batu bara di Indonesia.

Dalam pengelolaan kegiatan usahanya, PT. X mengaplikasikan beberapa sistem internal dalam manajemen keselamatan kerjanya. Beberapa diantaranya adalah PT. X *Safety Management System* (PSMS), PT. X *Production Management System* (PPMS), PT. X *Maintenance Management System* (PMMS). Sistem-sistem internal ini dikembangkan oleh perusahaan untuk memfokuskan diri kepada kualitas proses produksi sekaligus menjamin keselamatan kerja bagi para karyawannya.

3.1.1 Visi, Misi, Tujuan, dan Nilai Inti Perusahaan

Visi PT. X adalah “menjadi kontraktor tambang terkemuka di dunia dengan produktivitas, kemampuan *engineering*, pengelolaan keselamatan dan lingkungan hidup yang terbaik.”

Visi ini mengandung arti bahwa perusahaan berusaha untuk mencapai kemampuan operasi (*operation capability*) yang bertaraf internasional. Untuk itu perusahaan ingin melakukan perbaikan terus menerus (*continuous improvement*) khususnya dalam *internal business process capability*-nya.

Misi PT. X:

- Memberikan jasa operasi dengan alat-alat berat dalam bidang pertambangan terbuka dan pemindahan tanah yang memungkinkan pelanggan mendapat keuntungan terbaik di dunia
- Memberikan kesempatan kepada karyawan mengembangkan kompetensinya untuk mencapai tujuan hidupnya.
- Memberikan *Market Values Added* (MVA) dan *Economic Value Added* (EVA) yang terbaik kepada pemegang saham.
- Berupaya terus menerus menguasai teknologi dan kemampuan rekayasa yang berwawasan lingkungan untuk kemajuan bangsa dan Negara.

Nilai inti perusahaan atau yang biasa dikenal dengan istilah *corporate culture* merupakan nilai yang menjadi pedoman bagi anggota perusahaan dalam bertindak atau berperilaku sehari-hari¹⁹. Pada hakikatnya nilai inti (*core value*) merupakan nilai utama dan berpengaruh yang diterima oleh seluruh anggota perusahaan sebagai keyakinan serta dasar atau tolak ukur dalam pencapaian prestasi untuk mencapai keberhasilan. Enam nilai inti PT. Pama Persada Nusantara adalah:

- Tim yang “Sinergis”
- Bertindak penuh “Tanggung Jawab”
- Siap menghadapi “Tantangan” dan mewujudkannya
- “Perbaikan” terus menerus
- “K3LH” adalah cara hidup kita
- Memberikan “Nilai Tambah” kepada semua pihak terkait.

3.1.2 Program dan Bisnis Proses Divisi SHE

Secara umum Divisi SHE berfungsi untuk menyusun dan mengkaji strategi SHE, SHE *policy*, menyusun dan mengkaji sistem PT. X *Safety*

¹⁹ Mike Robson, “*The Company Philosophy, The Journal to Excellence*”, 1987.

Management System sesuai dengan *International Safety Standards*. Divisi SHE juga bertugas untuk mengkoordinir dan memonitor pelaksanaan kebijakan dan sistem SHE baik di *Head Office* maupun di *Jobsite*, mengkoordinir pelaksanaan audit baik internal maupun eksternal, serta menyusun kampanye keselamatan kerja SHE. Visi Divisi SHE sejalan dengan visi perusahaan yaitu “Menjadi kontraktor tambang kelas dunia dengan produktivitas, *engineering*, keselamatan dan lingkungan yang terbaik”.

Misi Divisi SHE dibagi berdasarkan aspek keselamatan, kesehatan, dan lingkungan. Misi di setiap aspek tersebut antara lain:

1. Misi Keselamatan Kerja

- Keselamatan dimana kita bekerja merupakan hal penting bagi manajemen PT. X beserta karyawan, kontraktor, sub-kontraktor, serta penduduk setempat.
- Manajemen berusaha menciptakan lingkungan kerja yang aman dan bebas dari kecelakaan dengan membuat Sistem, Standar, Prosedur, dan Peraturan yang akan menyediakan sarana pendukung yang sesuai dengan pekerjaan masing-masing. Manajemen menyadari bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan keselamatan atas dirinya saat bekerja dan dari setiap dampak yang timbul akibat pekerjaannya.
- Manajemen dalam program pengembangan dan usahanya menetapkan bahwa keselamatan kerja adalah salah satu landasan utama dalam kegiatan operasinya. Oleh karena itu manajemen berusaha untuk mencapai yang terbaik dalam pengelolaan keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan hidup, serta untuk memperoleh dan menjaga kepercayaan karyawan, klien, dan masyarakat.
- Manajemen perusahaan berjanji untuk memberikan perlindungan pada keselamatan karyawan dari ancaman dampak proses pekerjaan melalui PT. X *Safety Management System* dan melakukan pengamatan serta evaluasi terhadap pelaksanaan Sistem tersebut untuk meyakinkan karyawan selamat dalam menjalankan pekerjaannya.

2. Misi Kesehatan Kerja

- Pengelolaan kesehatan kerja yang efektif adalah hal penting bagi manajemen PT. X beserta karyawan, kontraktor, sub-kontraktor, penduduk setempat, serta Negara dan generasi mendatang.
- Setiap tenaga kerja berhak mendapatkan pelayanan kesehatan kerja. Manajemen PT. X memahami hak tersebut serta berjanji melindungi tenaga kerjanya terhadap setiap gangguan kesehatan yang timbul akibat pekerjaan dan lingkungan kerja. Manajemen juga berusaha menciptakan kesehatan kerja dengan meningkatkan kesehatan tubuh dan kondisi mental. Sebagai perusahaan, PT. X memahami dengan menyediakan sumber-sumber yang memungkinkan terjadinya keadaan tersebut.
- Manajemen menetapkan bahwa kesehatan kerja karyawan sangat diutamakan dalam program pengembangan dan usahanya. Oleh karenanya, manajemen berusaha untuk mencapai yang terbaik dalam Pengelolaan Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3&LH) serta untuk memperoleh dan menjaga kepercayaan karyawan.
- Manajemen perusahaan oleh sebab itu berjanji untuk memberikan perlindungan pada kesehatan karyawan dari ancaman akibat pekerjaan, melakukan tindakan yang bersifat preventif, kuratif, serta mengupayakan tindakan yang bersifat rehabilitatif, yang bertujuan menjaga karyawan agar tetap dalam keadaan sehat.

3. Misi Lingkungan Hidup

- Lingkungan dimana kita beroperasi merupakan hal penting bagi PT. X, karyawannya, kontraktor, sub-kontraktor, penduduk setempat, serta Negara dan generasi mendatang.
- Setiap individu berhak atas lingkungan yang aman, sehat, dan nyaman. PT. X memahami hak tersebut dan berjanji menjaga adanya lingkungan tersebut. Sebagai perusahaan, PT. X berusaha menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan menyenangkan dengan menyediakan sumber-sumber yang memungkinkan terjadinya keadaan tersebut.

- PT. X menetapkan bahwa kesehatan lingkungan sangat diutamakan dalam program pengembangan dan usahanya. Konsekuensi dari pencemaran dan pengerusakan lingkungan tidak hanya meliputi kerugian finansial di *site*, tetapi juga kerugian immaterial seperti jatuhnya korban binatang, tanaman, serta hilangnya nyawa manusia. PT. X bertujuan untuk mencapai yang terbaik dalam manajemen keselamatan, kesehatan dan lingkungan, serta untuk memperoleh kepercayaan masyarakat.
- Manajemen perusahaan berjanji untuk mengimplementasi rencana pengelolaan lingkungan yang komprehensif untuk memastikan bahwa lingkungan yang aman, sehat, dan menyenangkan tetap terjaga, serta mengingatkan karyawan akan tanggung jawab mereka terhadap lingkungan.

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Tahap Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini, tahap pengumpulan data merupakan salah satu tahap yang penting. Dalam melakukan proses pengumpulan data ini, setiap data yang dibutuhkan harus dapat didefinisikan dengan baik, sehingga proses pengambilan data pun tidak dilakukan dengan sia-sia. Data yang didapatkan memang benar-benar data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

3.2.2 Data Yang Dibutuhkan

Dari tujuan penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dijabarkan beberapa data-data yang dibutuhkan beserta definisi dari data-data tersebut. Berikut adalah beberapa data yang harus dimiliki untuk penelitian ini.

1. Data insiden yang ada pada pertambangan batu bara
2. Data penyebab terjadinya insiden
3. Data kuesioner untuk perhitungan FMEA

1. Data insiden

Data insiden merupakan data awal yang menjadi dasar bagi pengambilan data-data selanjutnya. Data insiden yang diperlukan adalah data insiden yang terjadi di daerah pertambangan batu bara terbuka (open surface coal mine), data ini diambil berdasarkan insiden yang terjadi dipertambangan batu bara yang dikelola oleh PT. X selama tahun 2008.

2. Data penyebab

Data penyebab merupakan data root cause dari masing-masing insiden yang terdapat pada data insiden di atas. Data penyebab ini didapatkan dari laporan insiden dari tiap tambang dan juga didapatkan dari hasil analisa root cause dengan menggunakan *tool* fishbone diagram.

3. Data kuesioner

Data kuesioner adalah data yang didapatkan dari hasil penyebaran kuesioner kepada para pekerja di masing-masing tambang yang dikelola oleh PT. X. Kuesioner ini diberikan kepada para pekerja yang terkait dengan topik penelitian yang dikerjakan. Kuesioner ini diperuntukkan untuk mengetahui nilai skala dari masing-masing variabel yang diperlukan dalam perhitungan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).

3.2.3 Data Insiden

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, data insiden yang diperlukan ini adalah data insiden yang terjadi di pertambangan batu bara terbuka. Dan data yang dibutuhkan adalah data insiden selama setahun ke belakang. Data insiden tersebut didapatkan dari laporan insiden dari masing-masing tambang yang dikelola oleh PT. X pada tahun 2008. Pada laporan insiden tersebut, dijelaskan kronologis dari kejadian insiden yang bersangkutan dan juga disertai dengan penyebab yang menimbulkan insiden tersebut terjadi. Dari data yang didapatkan untuk setiap insiden yang terjadi, maka setiap insiden tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok insiden berdasarkan jenis kejadiannya. Berikut adalah pengelompokan insiden-insiden tersebut.

- *Menabrak sesuatu*
Kelompok insiden yang berisi insiden-insiden yang berkaitan dengan kejadian tabrakan unit kendaraan milik PT. X dengan unit kendaraan PT. X lainnya ataupun dengan unit kendaraan dari luar PT. X. Yang termasuk kelompok insiden ini adalah insiden yang memiliki jenis kegiatan “aktif”, yaitu operator unit PT. X menabrak unit PT. X lainnya ataupun menabrak kendaraan dari luar PT. X.
- *Ditabrak sesuatu*
Kelompok insiden yang berisi insiden-insiden yang berkaitan dengan kejadian tabrakan unit kendaraan milik PT. X dengan unit kendaraan PT. X lainnya ataupun dengan unit kendaraan dari luar PT. X. Yang termasuk kelompok insiden ini adalah insiden yang memiliki jenis kegiatan “pasif”, yaitu operator unit PT. X ditabrak unit PT. X lainnya ataupun menabrak kendaraan dari luar PT. X. Perbedaan dengan jenis insiden “Menabrak sesuatu” adalah selain dari sisi pelaku kejadian, dilihat juga dari sisi kerusakan terbesar berada pada pihak yang menabrak atau yang ditabrak.
- *Jatuh atau kejatuhan*
Insiden yang berkaitan dengan kejadian terjatuh dan kejatuhan material dikelompokkan menjadi satu jenis insiden. Insiden jatuh disini adalah insiden yang terjadi pada permukaan yang berbeda ketinggian. Sedangkan kejatuhan disini adalah insiden yang terjadi jika unit atau operator tertimpa atau kejatuhan barang atau material.
- *Jatuh pada permukaan yang sama*
Jenis insiden yang masuk ke dalam kelompok jenis insiden ini adalah insiden yang bersifat “terjatuh” namun terjadi pada permukaan yang memiliki ketinggian yang sama. Contohnya adalah terpeleset, terguling dan terjatuh akibat tersandung, dll.
- *Kontak dengan permukaan kerja (barang kasar, terguling, tersayat, dll)*
Kelompok jenis insiden ini berisi beberapa insiden yang memiliki tipe kejadian tergores dengan permukaan benda kerja, baik material, peralatan maupun dengan unit kendaraan yang sedang digunakan oleh operator. Insiden yang termasuk ke dalam tipe insiden ini adalah insiden-insiden

yang hanya memberikan luka goresan pada permukaan kulit operator. Sedangkan jika benda kerja sudah memasuki permukaan kulit atau masuk ke dalam tubuh operator masuk dimasukkan ke dalam kelompok jenis insiden yang lain.

- *Terjepit di dalam, terkait pada, terjepit di antara*

Kelompok insiden ini berisi insiden yang memiliki kejadian terjepit dan terkait pada. Jika operator ataupun salah satu unit yang bersangkutan terluka atau rusak karena terjepit di antara sesuatu, maka insiden tersebut masuk ke dalam kelompok insiden ini. Begitu pun juga jika operator ataupun unit yang bersangkutan terluka atau rusak karena terkait pada sesuatu, maka insiden tersebut masuk ke dalam kelompok insiden ini.

- *Terkena suhu yang ekstrim*

Operator terkena benda kerja ataupun berada pada lingkungan kerja yang memiliki suhu ekstrim. Insiden ini terjadi jika operator yang bersangkutan menderita sakit yang diakibatkan suhu ekstrim tersebut.

- *Kontak dengan listrik, radiasi, bahan kimia, racun dan bising*

Kelompok jenis insiden ini adalah kelompok yang berisi insiden-insiden yang berkaitan dengan unsur-unsur kimia dan hal-hal yang mengganggu indera. Kelima insiden tersebut digabung menjadi satu karena pertimbangan dari kebijakan sistem keamanan dari PT. X.

- *Masuknya benda asing ke tubuh*

Insiden ini terjadi jika terdapat benda asing, baik benda kerja ataupun material, yang masuk ke dalam tubuh operator. Benda kerja ataupun material tersebut bisa berada dalam bentuk padat ataupun bubuk.

- *Tekanan berlebihan/beban berlebih/digunakan secara berlebih (dipaksakan)*

Kelompok jenis insiden ini berkaitan dengan unit-unit yang mengalami kerusakan yang diakibatkan tekanan yang berlebihan ataupun penggunaan secara berlebihan.

- *Terbakar*

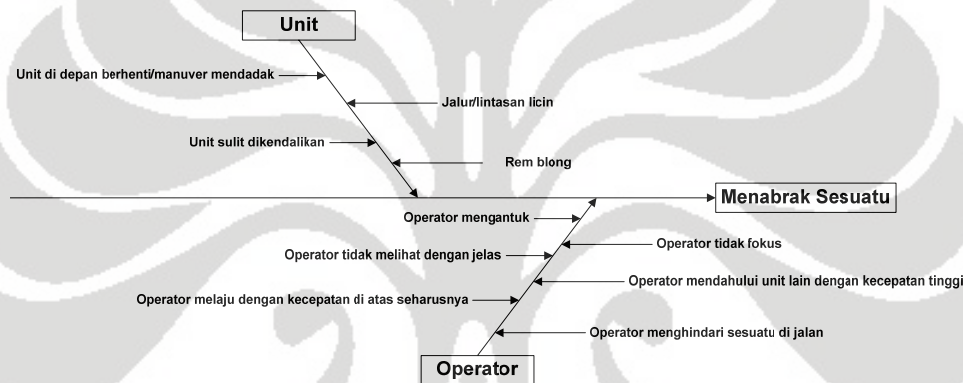
Kelompok ini berisi dengan insiden-insiden yang berkaitan dengan api atau yang disebabkan terbakar sesuatu.

Semua jenis insiden di atas merupakan klasifikasi insiden yang sudah ada pada sistem PT. X.

3.2.4 Data Penyebab

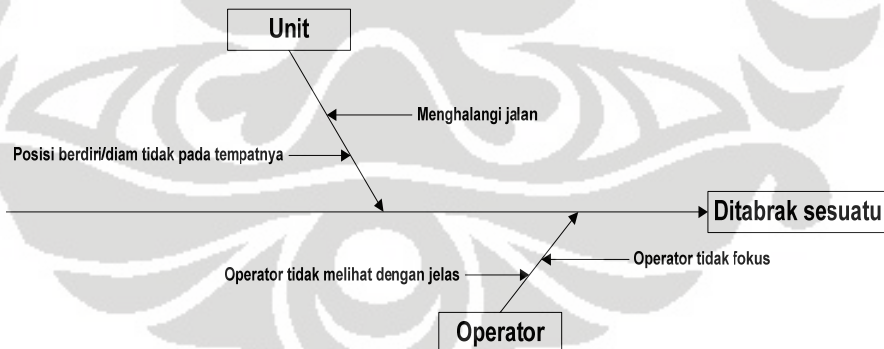
Data penyebab adalah data penyebab dari jenis-jenis insiden yang sudah dijelaskan di atas. Data penyebab ini didapat dari laporan insiden dari masing-masing tambang yang dikelola oleh PT. X dan juga dari analisa *root cause* dengan menggunakan *tool* fishbone diagram. Berikut adalah penyebab dari masing-masing insiden di atas.

- Menabrak sesuatu



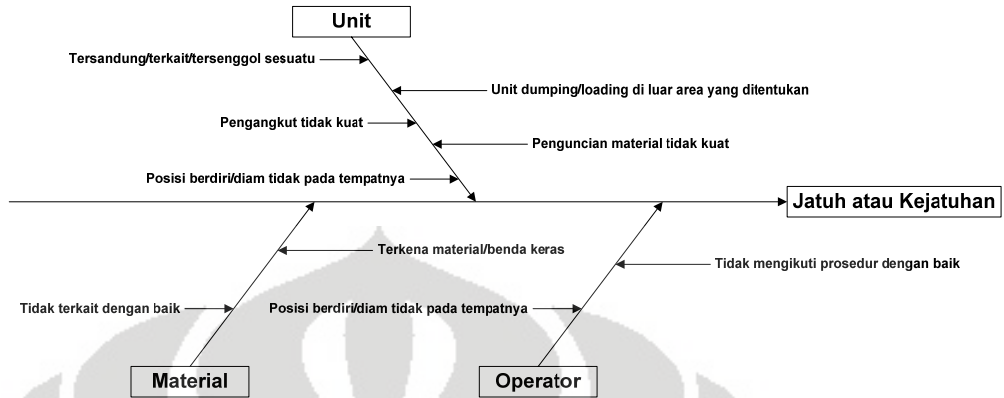
Gambar 3. 1 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Menabrak Sesuatu

- Ditabrak sesuatu



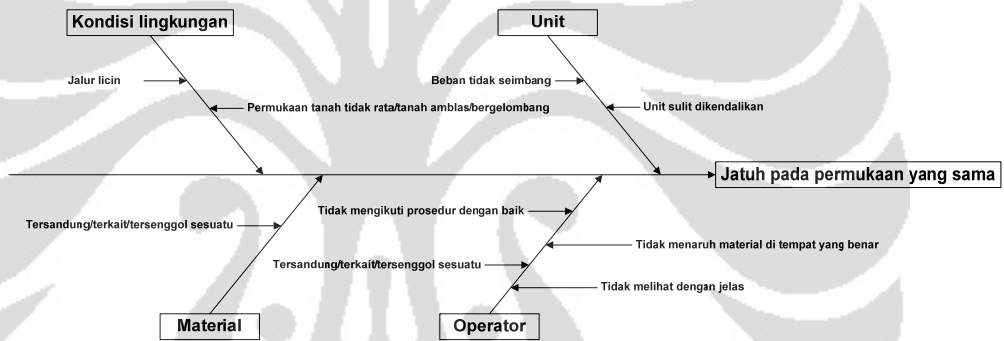
Gambar 3. 2 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Ditabrak Sesuatu

- Jatuh atau kejatuhan



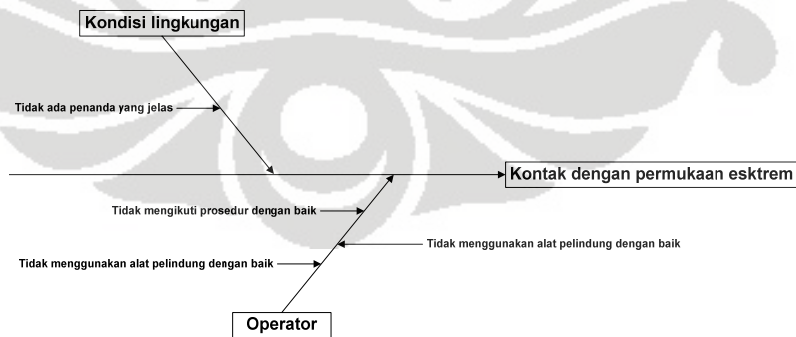
Gambar 3. 3 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Jatuh atau Kejatuhan

- Jatuh pada permukaan yang sama (terpeleset, terguling, terjatuh, dll)



Gambar 3. 4 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Jatuh pada Permukaan yang Sama

- Kontak dengan permukaan kerja (barang kasar, terguling, tersayat, dll)



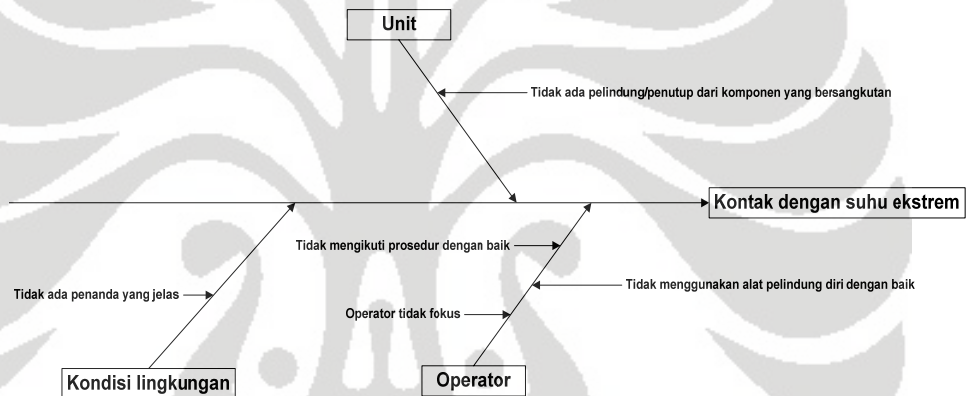
Gambar 3. 5 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Kontak dengan Permukaan Ekstrem

- Terjepit di dalam, terkait pada, terjepit di antara



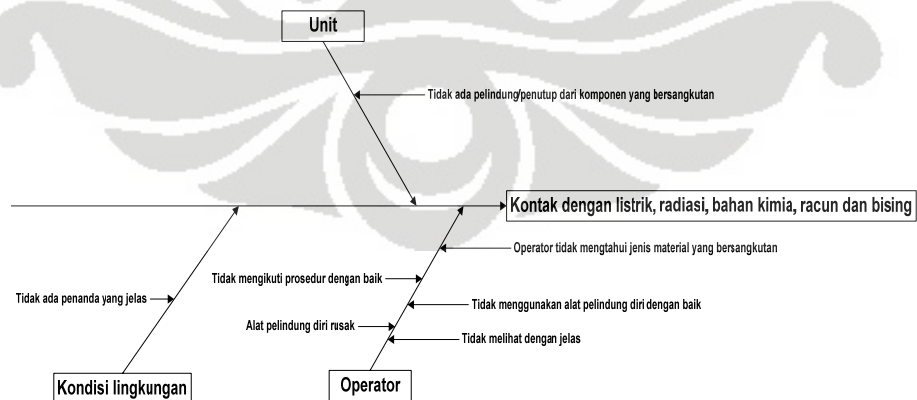
Gambar 3. 6 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Terjepit di antara, Terkait pada, Terjepit di dalam

- Terkena suhu yang ekstrim



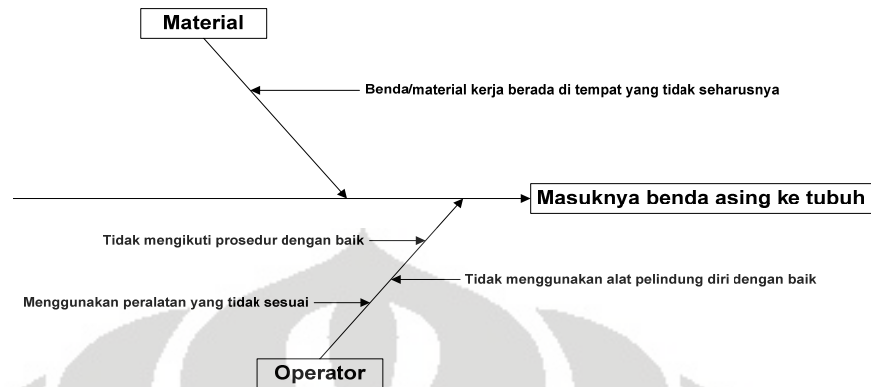
Gambar 3. 7 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Kontak dengan Suhu Ekstrem

- Kontak dengan listrik, radiasi, bahan kimia, racun dan bising



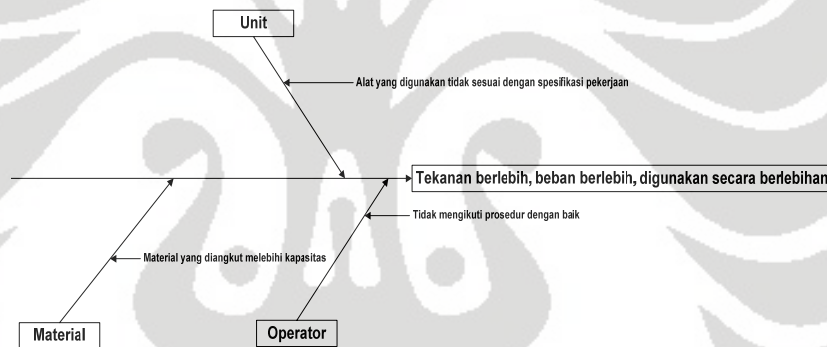
Gambar 3. 8 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Kontak dengan Listrik, Radiasi, Bahan Kimia, Racun dan Bising

- Masuknya benda asing ke tubuh



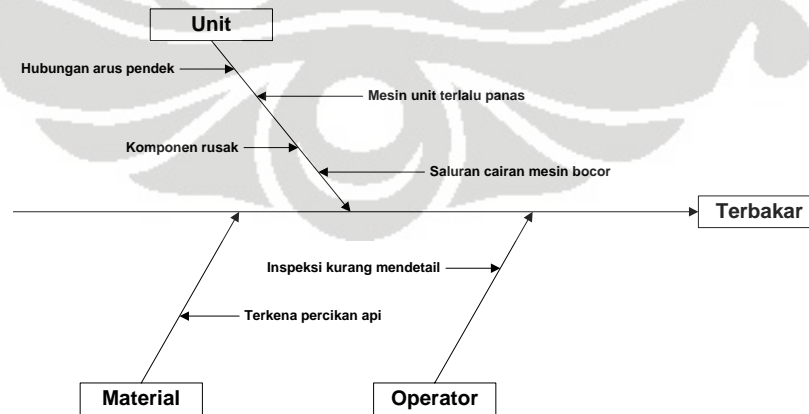
Gambar 3. 9 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Masuknya Benda Asing ke Tubuh

- Tekanan berlebihan/beban berlebih/digunakan secara berlebih (dipaksakan)



Gambar 3. 10 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Tekanan Berlebih/Beban berlebih/Digunakan Secara Berlebihan

- Terbakar



Gambar 3. 11 Fishbone Chart Untuk Tipe insiden Terbakar

Berdasarkan laporan insiden yang ada, maka didapatkan frekuensi dan juga nilai maksimum dari kerugian yang ditimbulkan dari masing-masing penyebab. Data frekuensi dan data nilai maksimum kerugian yang ditimbulkan berada pada lembar lampiran A.

3.2.5 Data Kuesioner

Data kuesioner disini dipergunakan untuk mengetahui nilai bobot untuk perhitungan AHP. Data bobot ini akan digunakan untuk memprioritaskan tipe insiden yang ada berdasarkan tingkat risiko bahaya yang ditimbulkan. Data yang didapatkan dari kuesioner berupa data-data di bawah ini.

- *Pairwise* antar kriteria berdasarkan tujuan.
- *Pairwise* antar alternatif berdasarkan kriteria *unsafe action*.
- *Pairwise* antar alternatif berdasarkan kriteria *unsafe condition*.
- *Pairwise* antar alternatif berdasarkan kriteria *personal factor*.
- *Pairwise* antar alternatif berdasarkan kriteria *job factor*.

Data-data yang disebutkan di atas dapat dilihat pada lembar lampiran B di akhir laporan ini.

3.3 Pengolahan Data

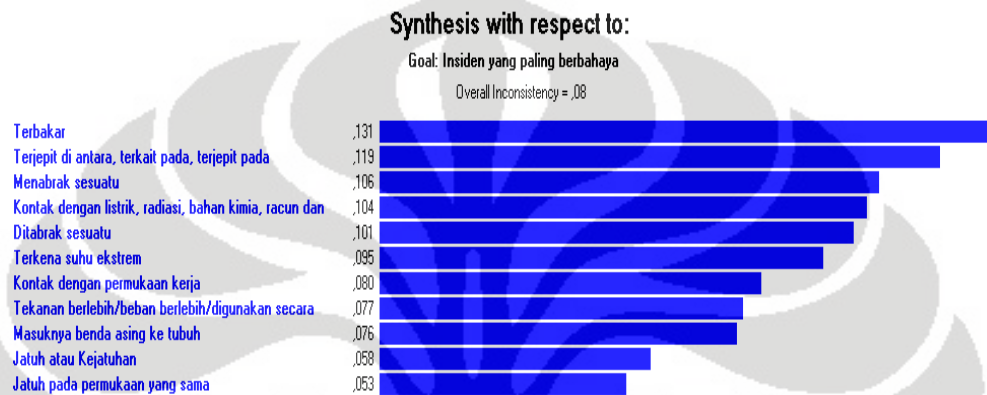
3.3.1 Pengolahan Data dengan AHP (*Analytical Hierarchy Process*)

Langkah pertama yang dilakukan dalam pengolahan data ini adalah menganalisa tipe insiden yang ada untuk menentukan prioritas dari masing-masing tipe insiden. Pemrioritasan tipe insiden ini dilakukan dengan memberikan bobot untuk masing-masing tipe insiden yang ada. Pembobotan dilakukan dengan menggunakan salah satu *tool* pengambilan keputusan, yaitu dengan menggunakan AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

Dari data kuesioner yang didapatkan sebelumnya, maka dilakukan perhitungan rata-rata geometri untuk masing-masing bobot yang didapatkan untuk tiap kriteria dan juga tiap alternatif. Perhitungan rata-rata geometri digunakan untuk menghitung rata-rata dari data kuesioner karena, data yang didapatkan adalah data rasio untuk masing-masing kriteria. Sedangkan perhitungan yang baik

untuk mencari rata-rata dari suatu rasio adalah dengan menggunakan perhitungan rata-rata geometri.

Proses perhitungan dengan menggunakan AHP ini dilakukan dengan bantuan software Expert Choice. Berikut ini adalah prioritas tipe insiden yang didapatkan setelah dilakukan pembobotan dengan menggunakan software Expert Choice.



Gambar 3. 12 Urutan Prioritas Tipe Insiden

(Sumber : Expert Choice 2000)

Dari gambar 3.12 dapat dilihat bahwa urutan tipe insiden yang didapatkan adalah sebagai berikut ini.

1. Terbakar.
2. Terjepit di antara, terkait pada, terjepit pada.
3. Menabrak sesuatu.
4. Kontak dengan listrik, radiasi, bahan kimia, racun dan bising.
5. Ditabrak sesuatu.
6. Terkena suhu ekstrem.
7. Kontak dengan permukaan kerja.
8. Tekanan berlebih/beban berlebih/digunakan secara berlebihan.
9. Masuknya benda asing ke tubuh.
10. Jatuh atau kejatuhan.
11. Jatuh pada permukaan yang sama.

Pada pemberian bobot dengan menggunakan metode AHP ini juga diperhitungkan mengenai konsistensi dari keputusan yang diberikan oleh para ahli. Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan, nilai *inconsistency* yang

didapatkan sebesar 0,08. Berdasarkan nilai *inconsistency* yang didapatkan, maka dapat dikatakan bahwa prioritas tipe insiden yang didapatkan dari hasil perhitungan masih layak untuk dikatakan konsisten.

Dari urutan prioritas tipe insiden yang didapatkan di atas, maka 3 tipe insiden dengan urutan teratas dipilih untuk dilakukan proses analisa selanjutnya. Berdasarkan urutan yang didapatkan, maka tipe insiden yang terpilih adalah tipe insiden Terbakar; Terjepit di antara, terkait pada, terjepit di dalam; dan Menabrak sesuatu.

3.3.2 Pengolahan Data dengan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Setelah melakukan pemilihan tipe insiden yang paling berbahaya, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa untuk penyebab-penyebab dari masing-masing tipe insiden yang terpilih. Berikut adalah daftar penyebab untuk masing-masing tipe insiden.

1. Terbakar

- Mesin unit terlalu panas
- Komponen rusak
- Hubungan arus pendek
- Terkena percikan api
- Saluran cairan mesin unit bocor

2. Terjepit di antara, terkait pada, terjepit di dalam

- Tidak mengikuti prosedur dengan baik
- Tidak menggunakan alat pelindung diri dengan baik
- Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan
- Operator tidak fokus

3. Menabrak sesuatu

- Operator mengantuk
- Operator tidak fokus
- Operator tidak melihat dengan jelas
- Operator melaju dengan kecepatan di atas seharusnya
- Operator mendahului unit lain dengan kecepatan tinggi
- Operator menghindari sesuatu di jalan

- Unit sulit dikendalikan
- Jalur/lintasan licin
- Unit di depan berhenti/manuver mendadak
- Rem blong

Proses analisa penyebab ini menggunakan pendekatan metode FMEA. Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam untuk menentukan nilai skala dari variabel *severity*, *occurance* dan *detection* untuk masing-masing penyebab insiden di atas.

Tabel 3. 1 Parameter Variabel *Severity*

Skala	Tingkat severity	Kriteria Verbal	parameter	Satuan
5	Emergency	Menyebabkan insiden yang mengakibatkan kematian pada banyak orang atau kerugian harta benda	>10.000	dollar
4	Critical	Menyebabkan insiden yang mengakibatkan kematian pada satu karyawan atau kerugian harta benda	50.00-10.000	dollar
3	Moderate	Menyebabkan insiden yang mengakibatkan hari hilang dengan cacat permanent atau kerugian harta benda	1.000-5.000	dollar
2	Minor	Menyebabkan insiden yang mengakibatkan hari hilang dengan cacat permanen atau kerugian harta benda	100-1.000	dollar
1	Warning	Menyebabkan insiden yang mengakibatkan cedera ringan atau kerugian harta benda	<100	dollar

(Sumber : Risk Matriks PT. X)

Tabel 3. 2 Parameter Variabel *Occurance*

Skala	Tingkat occurance	possible failure rate	Parameter	Satuan
5	Very high	Banyak orang berkali-kali setiap hari (terus menerus)	> 30	kejadian/tahun
4	High	Sedikit orang sekali setiap hari (sering)	26-30	kejadian/tahun
3	Moderate	Beberapa orang setiap minggu (kadang-kadang)	16-25	kejadian/tahun
2	Low	Beberapa orang setiap bulan (tidak biasa)	6-15	kejadian/tahun
1	Remote	Sedikit orang sekali dalam setahun (jarang)	0-5	kejadian/tahun

Tabel 3. 3 Parameter Variabel *Detection*

Skala	Tingkat Detection	Kriteria Verbal
5	Sangat Rendah	Tidak ada metode pendeteksian penyebab insiden atau tidak ada <i>alert</i>
4	Rendah	Metode pendeteksian belum andal/keefektifan untuk dapat mendeteksi tepat pada waktunya (frekuensi kejadian > 25)
3	Cukup	Metode pendeteksian memiliki efektivitas yang sedang sehingga masih memerlukan cukup waktu untuk dapat mendeteksi (frekuensi kejadian 16-25)
2	Tinggi	Metode pendeteksian cukup efektif sehingga dapat mendeteksi dalam waktu tertentu yang relatif cukup singkat (frekuensi kejadian 6-15)
1	Sangat Tinggi	Metode inspeksi sangat efektif sehingga risiko pasti terdeteksi dalam waktu singkat (frekuensi kejadian 0-5)

Setelah menentukan nilai skala untuk masing-masing variabel di atas dari setiap penyebab tipe insiden. Maka proses penghitungan dengan menggunakan pendekatan FMEA ini dapat dilakukan. Hasil yang didapatkan dari proses penghitungan ini adalah untuk mengetahui nilai RPN dari masing-masing penyebab. Nilai RPN ini didapatkan dengan mengalikan ketiga nilai variabel di atas. Proses penghitungan RPN ini dilakukan untuk semua tambang yang ada. Hasil dari proses penghitungan ini dapat dilihat pada lembar lampiran C.

Setelah didapatkan nilai RPN untuk masing-masing penyebab, maka dilakukan konversi nilai untuk mendapatkan nilai dari masing-masing penyebab. Nilai ini akan menjadi nilai *input* pada tahap selanjutnya, yaitu tahap pengolahan data dengan metode Cluster Analysis. Parameter yang digunakan dalam melakukan konversi ini adalah dengan menggunakan parameter Risk Matriks yang ada pada PT. X. Parameter yang digunakan untuk melakukan konversi nilai RPN adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 4 Tabel Konversi Nilai RPN

RPN	Nilai
75 - 125	5
50 - 75	4
30 - 50	3
10 - 29	2
1 - 10	1

Setelah mengubah semua nilai RPN dari masing-masing penyebab insiden pada tiap tambang, maka tahap proses pengolahan data berikutnya dapat dilakukan.

3.3.3 Pengolahan Data dengan *Cluster Analysis*

Proses pengolahan data dengan metode *cluster analysis* ini dilakukan dengan menggunakan software SPSS. Dengan menggunakan penyebab insiden sebagai variabel dan nilai yang didapat dari mengubah nilai RPN dari masing-masing variabel, maka proses pengolahan data dengan menggunakan *cluster analysis* dapat dilakukan.

3.3.3.1 Pengolahan Data dengan Hierarchy Cluster Analysis

Metode *Hierarchy Cluster Analysis* dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak cluster yang akan terbentuk di akhir nanti. Pada metode hierarchy cluster analysis ini menggunakan metode *complete linkage* dalam proses perhitungan jumlah cluster. Dan juga *squared Euclidian distance* dalam mengelompokkan anggota-anggota dari suatu cluster. Berikut adalah hasil yang didapatkan setelah melakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *hierarchy cluster analysis*.

Berdasarkan tabel 3.5 dan tabel 3.6 dapat dilihat bahwa jumlah cluster yang terbentuk akan berjumlah sekitar 2 atau 3 cluster.

Tabel 3. 5 Tabel Aglomerasi dengan Metode Perhitungan Jarak Euclidian

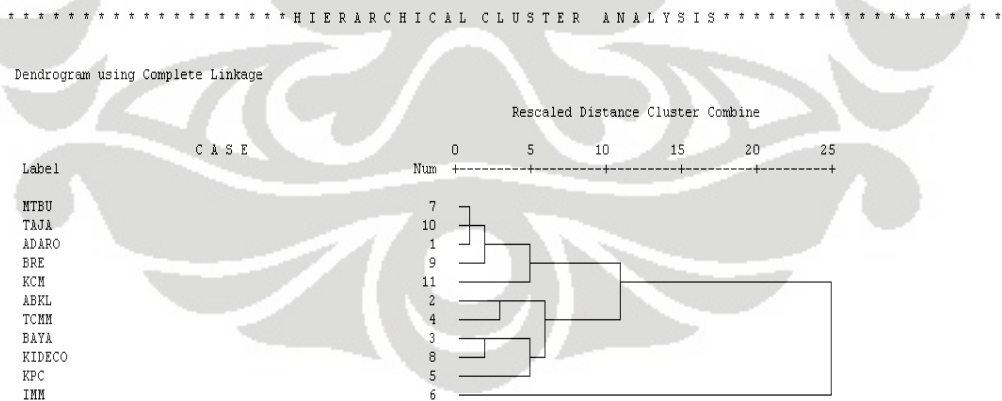
Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	10	2.236	0	0	2
2	1	7	2.646	1	0	4
3	3	8	3.000	0	0	6
4	1	9	3.162	2	0	5
5	1	11	4.243	4	0	9
6	3	5	4.243	3	0	8
7	2	4	4.472	0	0	8
8	2	3	5.385	7	6	9
9	1	2	6.164	5	8	10
10	1	6	8.832	9	0	0

(Sumber : SPSS 16)

Tabel 3. 6 Tabel Aglomerasi dengan Metode Perhitungan Jarak Kuadrat Euclidian

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	7	10	6.000	0	0	2
2	1	7	6.000	0	1	3
3	1	9	9.000	2	0	6
4	3	8	9.000	0	0	7
5	2	4	12.000	0	0	8
6	1	11	18.000	3	0	9
7	3	5	18.000	4	0	8
8	2	3	21.000	5	7	9
9	1	2	37.000	6	8	10
10	1	6	78.000	9	0	0

(Sumber : SPSS 16)



Gambar 3. 13 Dendrogram Hasil Perhitungan *Hierarchy Cluster Analysis*

(Sumber : SPSS 16)

3.3.3.2 Pengolahan Data dengan *K-Means Cluster Analysis*

Pengolahan data dengan *K-Means Cluster Analysis*, kita menentukan terlebih dahulu berapa cluster yang akan terbentuk di akhir perhitungan. Pada proses pengolahan data kali ini ditentukan sebanyak 3 cluster yang akan terbentuk di akhir perhitungan. Hal ini dilakukan untuk mencari berapa banyak jumlah cluster yang optimal yang sebaiknya dimiliki di akhir perhitungan. Berikut ini adalah hasil dari pengolahan data dengan menggunakan metode *K-Means Cluster Analysis*.

Tabel 3. 7 Jumlah Anggota pada Tiap Cluster

Cluster 1	7.000
2	1.000
3	3.000
Valid	11.000
Missing	.000

(Sumber : SPSS 16)

Tabel 3. 8 Anggota dari Tiap Cluster

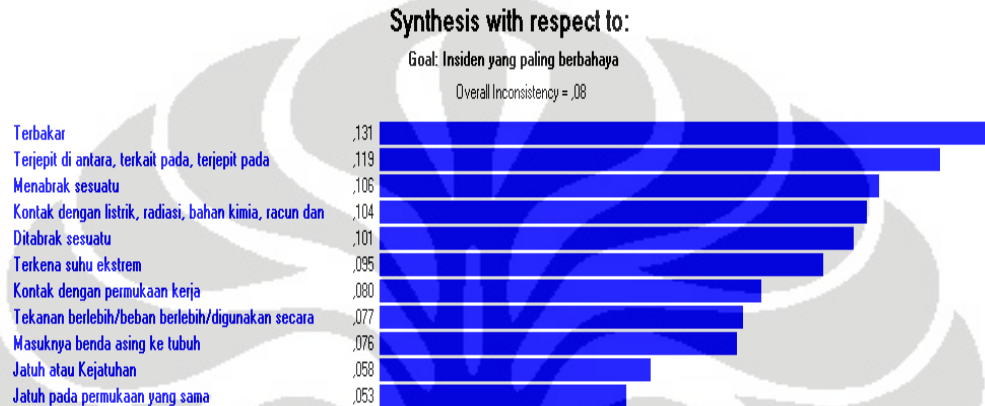
Case Number	Tambang	Cluster	Distance
1	ADARO	1	2.085
2	ABKL	1	2.839
3	BAYA	3	1.414
4	TCMM	1	3.825
5	KPC	3	2.236
6	IMM	2	.000
7	MTBU	1	1.708
8	KIDECO	3	2.236
9	BRE	1	2.548
10	TAJA	1	2.050
11	KCM	1	2.814

(Sumber : SPSS 16)

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hasil Analytical Hierarchy Process (AHP)

Berdasarkan hasil pengolahan data yang sudah dilakukan, hasil yang didapatkan dari perhitungan yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Urutan Prioritas Tipe Insiden

(Sumber : Expert Choice)

Dari hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa nilai *inconsistency* dari perhitungan ini bernilai 0,08, atau dengan kata lain berada di bawah 0,1. Berdasarkan nilai *inconsistency* yang didapatkan tersebut, maka dapat dikatakan bahwa hasil perhitungan AHP yang didapatkan ini layak untuk digunakan untuk analisis selanjutnya.

4.2 Analisis Hasil Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dari hasil pengolahan data mengenai metode FMEA, maka didapatkan nilai RPN dari masing-masing tambang seperti yang tertera dalam lampiran C.

Dari lampiran C dapat dilihat bahwa untuk lokasi tambang Adaro memiliki nilai RPN yang relatif kecil. Nilai RPN yang berada pada titik rawan adalah pada penyebab insiden “Operator tidak melihat dengan jelas”. Hal ini dikarenakan pada lokasi tambang Adaro terjadi banyak kecelakaan insiden “Menabrak” yang disebabkan oleh kesalahan operator yang tidak melihat kondisi sekitar dengan baik.

Untuk lokasi tambang ABKL, terdapat 4 penyebab insiden yang memiliki nilai tinggi, yaitu pada penyebab “Jalur/lintasan licin”, “Komponen rusak”, “Operator tidak fokus”, dan juga “Operator tidak melihat dengan jelas”. Hal ini dikarenakan pada lokasi tambang ABKL, banyak insiden menabrak yang disebabkan oleh penyebab-penyebab di atas.

Kemudian untuk lokasi tambang TCMM, terdapat 3 penyebab insiden yang dominan dalam terjadinya insiden di tambang tersebut. Yaitu, “Komponen rusak”, “Operator tidak fokus”, dan juga “Operator tidak melihat dengan jelas”. Hal ini memang merupakan penyebab terjadinya insiden “Menabrak” dan berdasarkan data sekunder yang didapatkan, pada tambang TCMM ini, insiden “Menabrak” merupakan insiden yang paling sering terjadi.

Untuk lokasi tambang MTBU, terdapat 3 penyebab insiden yang dominan, yaitu “Jalur/lintasan licin”, “Komponen rusak”, dan juga “Operator tidak melihat dengan jelas”. Hal ini sesuai dengan jumlah insiden yang terbanyak yaitu pada insiden “Menabrak” dan juga pada lokasi tambang MTBU ini pernah terjadi insiden “Terbakar” yang menyebabkan kerugian yang cukup besar.

Untuk lokasi tambang Tanjung Alam Jaya hanya terdapat 2 penyebab insiden yang dominan, yaitu “Jalur/lintasan licin”, dan juga “Operator tidak melihat dengan jelas”. Sedangkan untuk lokasi tambang Bumi Rantau Enim, hanya terdapat satu buah penyebab insiden yang dominan, yaitu pada “Operator tidak melihat dengan jelas”

Pada lokasi tambang KCMB, tingkat risiko penyebab insiden dapat menyebabkan insiden yang berbahaya berada pada “Unit sulit dikendalikan”. Dilihat dari penyebab insiden yang dominan, tidak heran bahwa di lokasi tambang KCMB banyak sekali terjadi insiden “Menabrak”.

Sedangkan untuk lokasi tambang Kideco, Jembayan Sempari Kaltim, dan juga KPC Pelikan. Ketiga tambang ini memiliki dominasi penyebab insiden yang sama, yaitu pada “Jalur/lintasan licin”, “Komponen rusak”, “Operator tidak fokus”, “Operator tidak melihat dengan jelas”, dan juga “hubungan arus pendek”. Hal ini dikarenakan dari data sekunder yang didapatkan, bahwa pada ketiga tambang ini risiko terjadinya insiden “Menabrak” dan juga “Terbakar” sangat

besar. Tercatat bahwa pada tambang KPC Pelikan mengalami insiden “Terbaka” lebih dari 3 kali.

Lalu untuk lokasi tambang Indominco Coal Mine. Berdasarkan nilai RPN yang didapatkan, lokasi tambang ini memiliki tingkat risiko yang sangat berbahaya. Terlihat bahwa terdapat 7 buah penyebab insiden yang berada pada tingkat rawan, dan 3 di antaranya memiliki nilai RPN di atas 100. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat risiko terjadinya insiden di tambang Indominco Coal Mine sangat tinggi sekali.

4.3 Analisis Hasil Hierarchy Cluster Analysis

4.3.1 Metode Perhitungan Jarak Euclidian

Berdasarkan metode perhitungan jarak Euclidian dan juga metode *complete linkage*, maka tabel Aglomerasi yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Tabel Aglomerasi dengan Metode Jarak Euclidian

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	10	2.236	0	0	2
2	1	7	2.646	1	0	4
3	3	8	3.000	0	0	6
4	1	9	3.162	2	0	5
5	1	11	4.243	4	0	9
6	3	5	4.243	3	0	8
7	2	4	4.472	0	0	8
8	2	3	5.385	7	6	9
9	1	2	6.164	5	8	10
10	1	6	8.832	9	0	0

(Sumber : SPSS 16)

Dari table aglomerasi di atas dapat dilihat bahwa perubahan jarak yang signifikan terjadi pada langkah 8 ke langkah 9 dan juga pada langkah 9 ke langkah 8. Hal ini menunjukkan jumlah akhir cluster yang bagus adalah 2 atau 3 cluster. Untuk dapat melihat lebih jelas lagi perubahan koefisien yang terjadi, maka metode perhitungan jarak yang digunakan sebaiknya adalah metode perhitungan jarak kuadrat Euclidian. Karena dengan metode perhitungan jarak kuadrat Euclidian, perubahan koefisien yang terjadi dapat terlihat dengan jelas dan dapat dibandingkan perubahannya untuk tiap langkah iterasi yang dilakukan.

4.3.2 Metode Perhitungan Jarak Kuadrat Euclidian

Berdasarkan hasil dari perhitungan jarak kuadrat Euclidian dan juga metode *complete linkage*, maka tabel aglomerasi yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Tabel Aglomerasi *Hierarchy Cluster Analysis*

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	7	10	6.000	0	0	2
2	1	7	6.000	0	1	3
3	1	9	9.000	2	0	6
4	3	8	9.000	0	0	7
5	2	4	12.000	0	0	8
6	1	11	18.000	3	0	9
7	3	5	18.000	4	0	8
8	2	3	21.000	5	7	9
9	1	2	37.000	6	8	10
10	1	6	78.000	9	0	0

(Sumber : SPSS 16)

Dari tabel 4.2 di atas dapat terlihat dengan jelas perubahan koefisien dari tiap langkah iterasi yang dilakukan dalam metode *hierarchy cluster analysis* ini. Sebuah solusi jumlah cluster yang baik adalah yang memiliki perubahan jarak besar yang dilihat pada koefisien jarak. Solusi sebelum perubahan jarak tersebut menunjukkan solusi yang baik, (SPSS 16, *tutorial Hierarchy Cluster Analysis*). Jarak antara koefisien pada langkah 9 ke 10 merupakan jarak koefisien terbesar dibandingkan jarak perpindahan koefisien pada langkah yang lainnya. Dari perubahan jarak ini, maka di akhir perhitungan terbentuklah 2 cluster yang terdiri dari 10 tambang pada **Cluster 1** dan 1 tambang pada **Cluster 2**. Berikut ini adalah anggota dari masing-masing cluster.

Tabel 4. 3 Anggota Tiap Cluster pada Hierarchy Cluster Analysis

CLUSTER 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. TANJUNG ENIM (MTBU) 2. TANJUNG ALAM JAYA 3. ADARO COAL MINE 4. BUMI RANTAU ENERGI 5. KCMB 6. ABKL 7. TCMM 8. JEMBAYAN SEPARI KALTIM 9. KIDECO 10. KPC PELIKAN
CLUSTER 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. IMM

4.4 Analisis Hasil K-Means Cluster Analysis

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan *K-Means Cluster Analysis*, jumlah cluster yang terbentuk adalah sebanyak 3 cluster. Dengan anggota sebagai berikut ini.

Tabel 4. 4 Anggota dari Tiap Cluster

Case Number	Tambang	Cluster	Distance
1	ADARO	1	2.085
2	ABKL	1	2.839
3	BAYA	3	1.414
4	TCMM	1	3.825
5	KPC	3	2.236
6	IMM	2	.000
7	MTBU	1	1.708
8	KIDECO	3	2.236
9	BRE	1	2.548
10	TAJA	1	2.050
11	KCM	1	2.814

(Sumber : SPSS 16)

Jika dilihat dari tabel jarak antar cluster, maka cluster yang terbentuk dari hasil perhitungan *K-Means cluster analysis* memiliki heterogenitas yang tinggi antar clusternya. Jarak antar cluster ini menunjukkan perbedaan yang dimiliki oleh tiap cluster. Semakin jauh jarak antar cluster, maka semakin tinggi perbedaan yang terjadi. Begitu pun sebaliknya, jika semakin dekat jarak antar cluster, maka semakin kecil perbedaan yang terjadi.

Tabel 4. 5 Jarak Antar Pusat Cluster

Cluster	1	2	3
1		7.025	3.875
2	7.025		5.568
3	3.875	5.568	

(Sumber : SPSS 16)

Berdasarkan nilai yang ada pada tabel 4.5 dapat terlihat bahwa Cluster 1 dan Cluster 2 merupakan cluster yang memiliki perbedaan paling besar. Sedangkan pada Cluster 1 dan Cluster 3 memiliki jarak yang paling dekat dibandingkan yang lain, maka dapat dikatakan bahwa Cluster 1 dan Cluster 3 memiliki perbedaan yang rendah.

Untuk melihat penyebab mana saja yang memberikan kontribusi pada terbentuknya cluster-cluster tersebut sehingga memiliki anggota yang sedemikian rupa dapat melihat tabel ANOVA yang ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 6 Tabel ANOVA Hasil *K-Means Cluster Analysis*

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Alat_yg_digunakan_tidak_sesuai_dengan_spesifikasi_pekerjaan	.026	2	.107	8	.242	.790
jalur_licin	2.628	2	.548	8	4.798	.043
komponen_rusak	2.961	2	.714	8	4.145	.058
mesin_unit_terlalu_panas	.000	2	.000	8	.	.
operator_melaju_dengan_kecepatan_diatas_seharusnya	.000	2	.000	8	.	.
operator_mendahului_unit_lain_dengan_kecepatan_tinggi	.026	2	.107	8	.242	.790
operator_mengantuk	2.810	2	.798	8	3.522	.080
operator_menghindari_sesuatu_di_jalan	.234	2	.214	8	1.091	.381
operator_tidak_fokus	8.173	2	1.048	8	7.802	.013
operator_tidak_melihat_dengan_jelas	5.091	2	.250	8	20.364	.001
rem_blong	.104	2	.179	8	.582	.581
saluran_cairan_mesin_bocor	.485	2	.333	8	1.455	.289
tidak_menggunakan_apd_dengan_baik	1.316	2	.262	8	5.025	.039
tidak_mengikuti_prosedur_dengan_baik	4.329	2	.440	8	9.828	.007
unit_di_depan_berhenti_mendadak	.043	2	.262	8	.165	.850
unit_sulit_dikendalikan	.329	2	.940	8	.350	.715
hubungan_arus_pendek	4.771	2	.512	8	9.319	.008
terkena_percikan_api	.935	2	.857	8	1.091	.381

(Sumber : SPSS 16)

Dari tabel ANOVA di atas dapat dilihat bahwa penyebab insiden yang memiliki nilai *significance level* di bawah 0,05 ada 6 penyebab, yaitu sebagai berikut.

1. Jalur/lintasan licin
2. Operator tidak fokus
3. Operator tidak melihat dengan jelas
4. Tidak menggunakan alat pelindung diri dengan baik
5. Tidak mengikuti prosedur dengan baik
6. Hubungan arus pendek

Keenam penyebab insiden di atas memberikan kontribusi terbentuknya cluster yang didapatkan dari perhitungan *K-means cluster analysis*.

4.5 Perbandingan Antara *Hierarchy* dengan *K-Means*

Setelah mengetahui bagaimana hasil dan analisis dari tiap metode, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah cluster mana yang lebih ideal untuk dipilih. Dengan melihat pada tujuan dilakukannya *Cluster Analysis*, yaitu mencari homogenitas yang tinggi di dalam cluster dan juga mencari heterogenitas yang tinggi di antara cluster yang terbentuk. Maka kita bisa membandingkan hasil dari kedua metode yang dilakukan.

Pada hasil dari perhitungan metode *hiererarchy* dihasilkan 2 cluster yang terdiri dari 10 tambang pada Cluster 1 dan 1 tambang pada Cluster 2. Pada Cluster 1 memiliki anggota yang sangat banyak, sehingga di dalam cluster itu sendiri memiliki heterogenitas yang masih sangat besar. Sedangkan pada hasil perhitungan dari metode *K-means*, dihasilkan 3 cluster dengan Cluster 1 memiliki anggota sebanyak 7 tambang, Cluster 2 memiliki anggota 1 tambang, dan Cluster 3 yang memiliki anggota 3 tambang. Jika melihat pada tabel 4.5 di atas, yaitu terdapat 6 penyebab insiden yang berkontribusi terhadap terbentuknya cluster yang dihasilkan, heterogenitas yang dihasilkan antar cluster pun terlihat sangat mencolok, terutama di 6 penyebab insiden tersebut. Dan juga tetap menjaga homogenitas yang terjadi di dalam cluster itu sendiri.

Dari hasil perbandingan di atas dapat dikatakan bahwa hasil dengan jumlah 3 cluster memiliki heterogenitas dan juga homogenitas yang optimal untuk dipilih.

4.6 Interpretasi Cluster

Setelah terbentuk jumlah cluster yang optimal, maka tahap selanjutnya adalah melakukan interpretasi dari masing-masing cluster yang terbentuk. Proses interpretasi ini bertujuan untuk memberikan nama pada masing-masing cluster yang terbentuk.

Berdasarkan hasil perhitungan *cluster analysis* yang telah dilakukan sebelumnya, maka jumlah cluster yang dipilih adalah sebanyak 3 cluster dengan anggota sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Anggota Akhir dari Tiap Cluster

CLUSTER 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. TANJUNG ENIM (MTBU) 2. TANJUNG ALAM JAYA 3. ADARO COAL MINE 4. BUMI RANTAU ENERGI 5. KCMB 6. ABKL 7. TCMM
CLUSTER 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. INDOMINCO COAL MINE
CLUSTER 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. JEMBAYAN SEPARI KALTIM 2. KIDECO 3. KPC PELIKAN

Dilihat dari anggota yang ada pada Cluster 1, jika dilihat dari nilai RPN dari masing-masing anggota pada Cluster 1 dapat dikatakan bahwa Cluster 1 ini terdiri dari anggota yang memiliki nilai risiko terjadinya penyebab insiden yang rendah. Dari hasil perhitungan nilai RPN, anggota Cluster 1 hanya memiliki nilai maksimal dari RPN sebesar 60, dan dominan berada pada nilai kurang dari 30. Hal ini menunjukkan bahwa anggota Cluster 1 memiliki risiko penyebab insiden yang rendah. Oleh karena itu, Cluster 1 dapat diberi nama sebagai **Cluster Berisiko Rendah**.

Cluster 2 hanya memiliki 1 anggota tambang, yaitu Indominco Coal Mine. Oleh karena itu, tidak sulit untuk memberikan nama pada cluster ini karena tidak perlu mencari hubungan dari banyak anggota tambang. Namun jika dilihat dari nilai RPN yang dimiliki oleh Indominco Coal Mine, dapat dikatakan bahwa tambang ini memiliki tingkat risiko yang tinggi untuk penyebab terjadinya insiden. Hal ini dapat dilihat dari range nilai RPN dari Indominco Coal Mine yang memiliki nilai sangat tinggi. Penyebab insiden yang memiliki kontribusi terhadap terbentuknya cluster pun sebagian besar berada pada range nilai 75 hingga 125. Untuk itu, dapat dikatakan bahwa Cluster 2 ini merupakan Cluster yang memiliki tingkat risiko tinggi dan diberi nama **Cluster Berisiko Tinggi**.

Sedangkan pada cluster 3 yang hanya memiliki 3 anggota tambang. Dan jika dilihat dari nilai RPN pada ketiga tambang tersebut, maka kebanyakan range nilai RPN dari masing-masing tambang pada Cluster ke-3 ini berada pada angka 40 hingga 75. Berdasarkan range nilai RPN yang dimiliki ketiga tambang tersebut, maka dapat dikatakan bahwa tiap anggota di Cluster 3 ini memiliki tingkat risiko penyebab insiden menengah. Sehingga nama dari Cluster 3 ini adalah **Cluster Berisiko Menengah**.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dibuat, maka dapat disimpulkan bahwa dari 11 tambang yang dikelola oleh PT. X dapat dibentuk 3 cluster berdasarkan data penyebab insiden. Berikut adalah cluster yang terbentuk beserta anggotanya masing-masing.

1. Cluster Berisiko Rendah

- Tanjung Enim (MTBU)
- Tanjung Alam Jaya
- Adaro Coal Mine
- Bumi Rantau Energi
- KCMB
- ABKL
- TCMM

2. Cluster Berisiko Menengah

- Jembayan Separi Kaltim
- Kideco
- KPC Pelikan

3. Cluster Berisiko Tinggi

- Indominco Coal Mine

Selain itu, penyebab-penyebab insiden yang memberikan kontribusi terhadap terbentuknya cluster di atas adalah sebagai berikut.

1. Jalur/lintasan licin
2. Operator tidak fokus
3. Operator tidak melihat dengan jelas
4. Tidak menggunakan alat pelindung diri dengan baik
5. Tidak mengikuti prosedur dengan baik
6. Hubungan arus pendek

Dilihat dari hasil pengolahan data di atas, maka berdasarkan tipe insiden “Terbakar”, “Terjepit di antara, terkait pada dan terjepit di dalam”, dan juga “Menabrak sesuatu”, tambang Indominco Coal Mine memiliki tingkat risiko yang sangat tinggi. Sedangkan untuk tambang Jembayan Separi Kaltim, Kideco dan juga KPC Pelikan, tingkat risiko terjadinya insiden berada pada tingkat menengah. Dan sisa 7 tambang lainnya memiliki tingkat risiko terjadinya insiden yang rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan di atas, khususnya untuk daerah tambang Indominco Coal Mine, sebaiknya dilakukan tindakan perbaikan dan pengendalian terhadap penyebab-penyebab insiden yang ada. Hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya insiden yang dapat mengakibatkan kerugian baik materi maupun immateri kepada pihak perusahaan. Dan juga dapat meningkatkan kredibilitas perusahaan yang dapat mencapai *zero incident* dalam aktifitas operasionalnya.

DAFTAR REFERENSI

Bancroft, Roger. 2001, *Development Of The Queensland Coal Mining Safety & Health Regulation 2000*.

Junior, J.H. et al., 1998, *Multivariate Data Analysis*, 5th ed., New Jersey : Prentice Hall International.

Kume, Hitoshi, *FMEA, Failure Mode and Effect Analysis* dalam majalah KENSHU, The AOTS Quarterly Number 142

McDermot, Robin E., Raymond J. Mikulak dan Michael R. Deauregard, 1996, *The Basic of FMEA*, Quality Resources, New York.

Rao, Singiresu S., 1992, *Reliability-Based Design*, McGraw-Hill, New York.

Sanders, Mark dan Ernest J. McCormick, 1993, *Human Factors in Engineering and Design*, USA: McGraw-Hill.

Saaty, T.L., 1999, “*The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process*”, University of Pittsburgh, USA.

Tague, Nancy R., 2005, *The Quality Toolbox Second Edition*, ASQ Quality Press, Milwaukee.

LAMPIRAN

A. Data Frekuensi dan Nilai Kerugian

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang Adaro Coal Mine

No.	ADARO COAL MINE	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Nama penyebab		
1	Alat pelindung diri rusak	0	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	0	-
3	Beban tidak seimbang	6	4.086
4	Jalur licin	11	3.501
5	Komponen rusak	9	7.500
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	3	538
32	Terkena material/benda keras	3	6.000
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	0	-
34	hubungan arus pendek	0	-
35	terkena percikan api	0	-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang ABKL

No.	ABKL	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	0	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	0	-
3	Beban tidak seimbang	0	-
4	Jalur licin	11	11.092
5	Komponen rusak	6	3.282
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	5	390
32	Terkena material/benda keras	6	1.805
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	1	2
34	hubungan arus pendek	0	-
35	terkena percikan api	0	-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang Jembayan
Sempari Kaltim

No.	JEMBAYAN SEPARI KALTIM (BAYA)	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak		-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan		-
3	Beban tidak seimbang		-
4	Jalur/lintasan licin	16	530
5	Komponen rusak	7	11.000
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	7	213
32	Terkena material/benda keras	16	4.355
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	1	4
34	hubungan arus pendek	4	54.724
35	Terkena percikan api		-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang TCMM

No.	TCMM	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	0	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	2	100
3	Beban tidak seimbang	2	500
4	Jalur/lintasan licin	4	700
5	Komponen rusak	14	52.000
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	4	2.500
32	Terkena material/benda keras	17	33.000
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	0	-
34	hubungan arus pendek	0	-
35	terkena percikan api	1	300

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang Kideco

No.	KIDECO	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	1	5
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	1	720
3	Beban tidak seimbang	1	30.000
4	Jalur/lintasan licin	11	137.300
5	Komponen rusak	7	57.000
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	5	57.000
32	Terkena material/benda keras	0	-
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	0	-
34	hubungan arus pendek	2	2.000
35	Terkena percikan api	0	-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang KPC Pelikan

No.	KPC PELIKAN	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	0	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	2	100
3	Beban tidak seimbang	1	-
4	Jalur/lintasan licin	12	4.000
5	Komponen rusak	14	20.000
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	4	1.400
32	Terkena material/benda keras	68	52.555
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	0	-
34	hubungan arus pendek	2	61.015
35	terkena percikan api	0	-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang Indominco Coal Mine

No.	INDOMINCO COAL MINE	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	0	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	5	1.397
3	Beban tidak seimbang	0	-
4	Jalur/lintasan licin	28	20.000
5	Komponen rusak	26	11.581
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	2	1.000
32	Terkena material/benda keras	41	1.578
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	0	-
34	hubungan arus pendek	1	-
35	terkena percikan api	0	-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang Tanjung Enim (MTBU)

No.	TANJUNG ENIM (MTBU)	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	-	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	3	11
3	Beban tidak seimbang	1	-
4	Jalur/lintasan licin	18	249
5	Komponen rusak	6	3.500
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	2	-
32	Terkena material/benda keras	7	1.157
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	1	-
34	hubungan arus pendek	-	-
35	terkena percikan api	1	-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang Bumi Rantau Energi

No.	BUMI RANTAU ENERGI	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	0	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	0	-
3	Beban tidak seimbang	0	-
4	Jalur/lintasan licin	8	684
5	Komponen rusak	10	888
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	2	526
32	Terkena material/benda keras	13	557
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	0	-
34	hubungan arus pendek	3	233
35	terkena percikan api	1	-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang Tanjung Alam Jaya

No.	TANJUNG ALAM JAYA (TAJA)	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	0	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	1	-
3	Beban tidak seimbang	1	-
4	Jalur/lintasan licin	10	1.500
5	Komponen rusak	3	-
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	3	2.500
32	Terkena material/benda keras	14	30
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	0	-
34	hubungan arus pendek	1	30
35	terkena percikan api	0	-

(Sumber : PT. X)

Tabel Data frekuensi dan nilai kerugian maksimal dari tambang KCMB

No.	KCMB	Frekuensi	Kerugian (\$)
	Jenis Penyebab Insiden		
1	Alat pelindung diri rusak	0	-
2	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	1	-
3	Beban tidak seimbang	0	-
4	Jalur/lintasan licin	8	-
5	Komponen rusak	6	-
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
31	unit sulit dikendalikan	7	35.065
32	Terkena material/benda keras	9	-
33	operator tidak mengetahui jenis material bersangkutan	0	-
34	hubungan arus pendek	1	-
35	terkena percikan api	1	-

(Sumber : PT. X)

B. Data Pairwise AHP

Tabel Pairwise antar kriteria berdasarkan tujuan

1	unsafe action		I	II	III
	x	unsafe condition	3	4	3
	x	personal factor	7	1	3
	x	job factor	5	1	2
2	unsafe condition				
	x	personal factor	5	1	2
	x	job factor	4	1	2
3	personal factor				
	x	job factor	2	3	2

Tabel Pairwise antar alternatif berdasarkan kriteria *unsafe action*

1	Menabrak sesuatu		I	II	III
	x	Ditabrak sesuatu	0,25	7,00	1,32
	x	Jatuh atau kejatuhan	0,17	7,00	1,08
	x	Jatuh pada permukaan yang sama	0,25	7,00	1,32
	x	Kontak dengan permukaan kerja	0,25	8,00	1,41
	x	Terjepit di dalam	0,20	1,00	0,45
	x	Terkena suhu ekstrem	0,14	3,00	0,65
	x	Kontak dengan listrik	0,13	1,00	0,35
	x	Masuknya benda asing ke tubuh	0,50	1,00	0,71
	x	Tekanan berlebih	1,00	6,00	2,45
	x	Terbakar	0,14	1,00	0,38
		.			
		.			
	.				
	.				
	.				
	.				
	.				
	.				
	.				

Tabel Pairwise antar alternatif berdasarkan kriteria *unsafe action* (lanjutan)

9		Masuknya benda asing ke tubuh	I	II	III
	x	Tekanan berlebih	2,00	1,00	1,41
	x	Terbakar	4,00	0,50	1,41
10		Tekanan berlebih			
	x	Terbakar	5,00	0,50	1,58

Tabel Pairwise antar alternatif berdasarkan kriteria *unsafe condition*

1		Menabrak sesuatu	I	II	III
	x	Ditabrak sesuatu	4,00	1,00	2,00
	x	Jatuh atau kejatuhan	3,00	2,00	2,45
	x	Jatuh pada permukaan yang sama	4,00	2,00	2,83
	x	Kontak dengan permukaan kerja	3,00	2,00	2,45
	x	Terjepit di dalam	2,00	1,00	1,41
	x	Terkena suhu ekstrem	5,00	1,00	2,24
	x	Kontak dengan listrik	5,00	0,50	1,58
	x	Masuknya benda asing ke tubuh	2,00	1,00	1,41
	x	Tekanan berlebih	5,00	2,00	3,16
	x	Terbakar	6,00	0,33	1,41
2		Ditabrak sesuatu			
	x	Jatuh atau kejatuhan	4,00	1,00	2,00
	x	Jatuh pada permukaan yang sama	4,00	2,00	2,83
	x	Kontak dengan permukaan kerja	3,00	2,00	2,45
	x	Terjepit di dalam	3,00	0,50	1,22
	x	Terkena suhu ekstrem	4,00	0,50	1,41
	x	Kontak dengan listrik	5,00	0,25	1,12
	x	Masuknya benda asing ke tubuh	2,00	1,00	1,41
	x	Tekanan berlebih	3,00	1,00	1,73
	x	Terbakar	5,00	0,33	1,29
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			

Tabel Pairwise antar alternatif berdasarkan kriteria *unsafe condition* (lanjutan)

9		Masuknya benda asing ke tubuh	I	II	III
	x	Tekanan berlebih	0,33	2,00	0,82
	x	Terbakar	0,25	0,50	0,35
10		Tekanan berlebih			
	x	Terbakar	0,20	0,50	0,32

Tabel Pairwise antar alternatif berdasarkan kriteria *personal factor*

1		Menabrak sesuatu	I	II	III
	x	Ditabrak sesuatu	5,00	1,00	2,24
	x	Jatuh atau kejatuhan	4,00	2,00	2,83
	x	Jatuh pada permukaan yang sama	4,00	3,00	3,46
	x	Kontak dengan permukaan kerja	4,00	3,00	3,46
	x	Terjepit di dalam	3,00	1,00	1,73
	x	Terkena suhu ekstrem	4,00	1,00	2,00
	x	Kontak dengan listrik	5,00	1,00	2,24
	x	Masuknya benda asing ke tubuh	1,00	1,00	1,00
	x	Tekanan berlebih	3,00	3,00	3,00
	x	Terbakar	6,00	1,00	2,45
2		Ditabrak sesuatu			
	x	Jatuh atau kejatuhan	0,20	2,00	0,63
	x	Jatuh pada permukaan yang sama	0,25	3,00	0,87
	x	Kontak dengan permukaan kerja	0,25	3,00	0,87
	x	Terjepit di dalam	0,25	1,00	0,50
	x	Terkena suhu ekstrem	0,20	1,00	0,45
	x	Kontak dengan listrik	0,20	1,00	0,45
	x	Masuknya benda asing ke tubuh	1,00	1,00	1,00
	x	Tekanan berlebih	1,00	2,00	1,41
	x	Terbakar	0,20	1,00	0,45
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			

Tabel Pairwise antar alternatif berdasarkan kriteria *personal factor* (lanjutan)

9		Masuknya benda asing ke tubuh	I	II	III
	x	Tekanan berlebih	1,00	1,00	1,00
	x	Terbakar	1,00	1,00	1,00
10		Tekanan berlebih			
	x	Terbakar	0,50	0,33	0,41

Tabel Pairwise antar alternatif berdasarkan kriteria *job factor*

1		Menabrak sesuatu	I	II	III
	x	Ditabrak sesuatu	0,25	1,00	0,50
	x	Jatuh atau kejatuhan	0,25	2,00	0,71
	x	Jatuh pada permukaan yang sama	0,25	4,00	1,00
	x	Kontak dengan permukaan kerja	0,33	3,00	1,00
	x	Terjepit di dalam	0,50	1,00	0,71
	x	Terkena suhu ekstrem	0,25	2,00	0,71
	x	Kontak dengan listrik	0,20	1,00	0,45
	x	Masuknya benda asing ke tubuh	1,00	2,00	1,41
	x	Terbakar	0,33	1,00	0,58
2		Ditabrak sesuatu			
	x	Jatuh atau kejatuhan	0,50	2,00	1,00
	x	Jatuh pada permukaan yang sama	0,33	2,00	0,82
	x	Kontak dengan permukaan kerja	0,33	2,00	0,82
	x	Terjepit di dalam	0,33	1,00	0,58
	x	Terkena suhu ekstrem	0,25	1,00	0,50
	x	Kontak dengan listrik	0,25	1,00	0,50
	x	Masuknya benda asing ke tubuh	1,00	2,00	1,41
	x	Tekanan berlebih	0,25	2,00	0,71
	x	Terbakar	0,33	1,00	0,58
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			
		.			

Tabel *Pairwise* antar alternatif berdasarkan kriteria *job factor* (lanjutan)

9		Masuknya benda asing ke tubuh	I	II	III
	x	Tekanan berlebih	1,00	1,00	1,00
	x	Terbakar	0,33	0,33	0,33
10		Tekanan berlebih			
	x	Terbakar	0,25	0,25	0,25

C. Hasil Perhitungan FMEA

No.	Jenis Penyebab Insiden	ADARO	ABKL	TCMM	MTBU	TAJA	BRE	KCM	BAYA	KIDECO	KPC	IMM
1	Alat yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan	1	1	10	3	4	1	2	1	4	4	3
2	Jalur/lintasan licin	12	50	10	30	30	20	10	30	30	24	100
3	Komponen rusak	16	30	50	30	4	20	10	40	30	40	100
4	Mesin unit terlalu panas	5	1	1	6	1	3	1	2	4	1	5
5	Operator melaju dengan kecepatan di atas seharusnya	2	1	1	1	4	1	1	2	6	4	3
6	Operator mendahului unit lain dengan kecepatan tinggi	2	15	1	6	1	6	2	1	1	1	4
7	Operator mengantuk	5	25	15	6	1	30	2	40	4	40	60
8	Operator menghindari sesuatu di jalanan	5	15	10	9	4	6	10	4	8	4	2
9	Operator tidak fokus	4	30	40	6	8	3	2	45	100	40	125
10	Operator tidak melihat dengan jelas	45	45	60	30	30	45	15	125	75	75	75
11	Rem blong	5	15	10	1	1	3	2	4	4	1	2
12	Saluran cairan mesin dari unit bocor	2	1	5	1	1	6	2	1	1	40	5
13	Tidak menggunakan alat pelindung diri dengan baik	4	10	5	10	4	3	2	16	12	8	30
14	Tidak mengikuti prosedur dengan baik	8	10	40	10	12	6	10	24	18	32	80
15	unit di depan berhenti/manuver mendadak	2	1	15	3	1	6	10	4	1	10	1
16	unit sulit dikendalikan	2	10	15	3	12	6	50	16	10	6	3
17	hubungan arus pendek	5	5	5	5	20	30	10	50	30	50	5
18	terkena percikan api	5	5	50	15	5	15	10	5	5	5	5

