Bab 2
Landasan Teori

2.1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

2.1.1. Pengertian Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang bertalian dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan, dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan (Sumakmur, 1993).

Keselamatan kerja atau *Occupational Safety*, dalam istilah sehari hari sering disebut dengan *safety*, secara filosofi diartikan sebagai suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmaniah maupun rohaniah tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya serta hasil budaya dan karyanya.

Keselamatan kerja untuk setiap pekerja sangatlah penting untuk diperhatikan, karena para pekerja mempunyai hak untuk itu. Selain keselamatan itu penting untuk pekerja itu sendiri, keselamatan kerja juga sangat penting bagi perusahaan karena jika ada pekerja yang mengalami kecelakaan kerja maka perusahaan harus bertanggungjawab. Oleh karena itu perusahaan sangat memperhatikan keselamatan dalam bekerja.

Pengertian Kecelakaan Kerja (*accident*) adalah suatu kejadian atau peristiwa yang tidak diinginkan yang merugikan terhadap manusia, merusak harta benda atau kerugian terhadap proses.

2.1.2. Pengertian Kesehatan Kerja

Kesehatan kerja adalah spesialisasi dalam ilmu kesehatan/kedokteran beserta prakteknya yang bertujuan, agar pekerja/masyarakat pekerja beserta memperoleh derajat kesehatan yang setinggi-tingginya, baik fisik, atau mental, maupun sosial,

dengan usaha-usaha preventif dan kuratif, terhadap penyakit-penyakit/gangguan – gangguan kesehatan yang diakibatkan faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja, serta terhadap penyakit-penyakit umum (Sumakmur 1988)

Pengertian sehat senantiasa digambarkan sebagai suatu kondisi fisik, mental dan sosial seseorang yang tidak saja bebas dari penyakit atau gangguan kesehatan melainkan juga menunjukan kemampuan untuk berinteraksi dengan lingkungan dan pekerjaannya.

2.1.3. Pengertian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan kerja di perusahaan-perusahaan yang ada di Indonesia terkadang masih dibelakangkan. Padahal, Keselamatan dan Kesehatan kerja karyawan merupakan salah satu hak asasi dan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas kinerja karyawan di perusahaan itu sendiri. Hal ini ditunjukkan dengan masih tingginya tingkat kecelakaan kerja yang ada di Indonesia.

Keselamatan kerja merupakan rangkaian usaha untuk menciptakan suasana kerja yang aman dan tentram bagi para karyawan yang bekerja di perusahaan yang bersangkutan.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah suatu kondisi dalam pekerjaan yang sehat dan aman baik itu bagi pekerjaannya, perusahaan maupun bagi masyarakat dan lingkungan sekitar pabrik atau tempat kerja tersebut. Keselamatan dan kesehatan kerja juga merupakan suatu usaha untuk mencegah setiap perbuatan atau kondisi tidak selamat, yang dapat mengakibatkan kecelakaan.

2.1.4. Peraturan yang mengatur K3

Undang-Undang yang mengatur K3 adalah sebagai berikut :

- Undang-undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja

Undang-Undang ini mengatur dengan jelas tentang kewajiban pimpinan tempat kerja dan pekerja dalam melaksanakan keselamatan kerja.

- Undang-undang nomor 23 tahun 1992 tentang Kesehatan.

Undang- Undang ini menyatakan bahwa secara khusus perusahaan berkewajiban memeriksakan kesehatan badan, kondisi mental dan kemampuan fisik pekerja yang baru maupun yang akan dipindahkan ke tempat kerja baru, sesuai dengan sifat-sifat pekerjaan yang diberikan kepada pekerja, serta pemeriksaan kesehatan secara berkala. Sebaliknya para pekerja juga berkewajiban memakai alat pelindung diri (APD) dengan tepat dan benar serta mematuhi semua syarat keselamatan dan kesehatan kerja yang diwajibkan. Undang-undang nomor 23 tahun 1992, pasal 23 Tentang Kesehatan Kerja juga menekankan pentingnya kesehatan kerja agar setiap pekerja dapat bekerja secara sehat tanpa membahayakan diri sendiri dan masyarakat sekelilingnya hingga diperoleh produktifitas kerja yang optimal. Karena itu, kesehatan kerja meliputi pelayanan kesehatan kerja, pencegahan penyakit akibat kerja dan syarat kesehatan kerja.

- Undang-undang No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan

Undang-Undang ini mengatur mengenai segala hal yang berhubungan dengan ketenagakerjaan mulai dari upah kerja, jam kerja, hak maternal, cuti sampi dengan keselamatan dan kesehatan kerja.

Sebagai penjabaran dan kelengkapan Undang-undang tersebut, Pemerintah juga mengeluarkan Peraturan Pemerintah (PP) dan Keputusan Presiden terkait penyelenggaraan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), diantaranya adalah :

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 11 Tahun 1979 tentang Keselamatan Kerja Pada Pemurnian dan Pengolahan Minyak dan Gas Bumi
- Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1973 tentang Pengawasan Atas Peredaran, Penyimpanan dan Penggunaan Pestisida
- Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 1973 tentang Pengaturan dan Pengawasan Keselamatan Kerja di Bidang Pertambangan
- Keputusan Presiden Nomor 22 Tahun 1993 tentang Penyakit Yang Timbul Akibat Hubungan Kerja

2.2.Identifikasi Bahaya

2.2.1. Teknik Identifikasi bahaya

Pemilihan teknik identifikasi bahaya dilakukan agar teknik yang terpilih adalah teknik yang sesuai untuk digunakan dalam menyelesaikan masalah yang terjadi. Beberapa teknik telah dikembangkan untuk mengidentifikasi kemungkinan terjadinya potensi bahaya. Berikut merupakan beberapa teknik identifikasi bahaya beserta kekurangan dan kelebihan dari masing-masing teknik tersebut yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tabel teknik identifikasi bahaya

No	Teknik	Pendekatan	Penerapan	Kelebihan	Kekurangan
1	THERP (*Technique for human error rate predictio)*	Teknik untuk mengevaluasi kemungkinan kesalahan yang disebabkan oleh manusia dengan melakukan identifikasi kesalahan, kualifikasi kesalahan dan pengurangan kesalahan	Dapat diterapkan diberbagai industri, tetapi jenis pekerjaan yang dilakukan harus melibatkan manusia.	Proses yang dilakukan transparan, terstruktur dan memberikan peninjauan yang logis dalam penilaian risiko berdasarkan *human factor*.	Kemungkinan penyebab terjadinya *error* tidak dapat terdeteksi, dan identifikasi *error* berbeda karena dilakukan oleh orang yang berbeda.
2	The SRK *(Skill, rule, and knowledge based behaviour) approach*	Teknik identifikasi potensi bahaya berdasarkan *Skill, Rule dan knowledge-based behaviour*. Teknik ini digunakan terhadap individu.	Dapat diterapkan diberbagai industri, tetapi jenis pekerjaan yang dilakukan harus melibatkan manusia.	*Error* yang dijelaskan bukan hanya dari *externa*l tetapi dari internal (kognitif) juga.	Error hanya diklasifikasikan menjadi 3 kriteria sehingga sulit untuk melakukan prediksi terhadap *error* yang lain.
3	HAZOP *(Hazard and Operability)*	Teknik identifikasi potensi bahaya yang sistematis, teliti, dan terstruktur dalam mengidentifikasi berbagai permasalahan yang menggangu jalannya proses dan risiko yang terdapat pada *equipment* yang dapat	Diterapkan pada sistem indutri yang melibatkan mesin-mesin yang pengoprasiannya sulit dan berpotensi bahaya, baik di industri proses maupun manufaktur	Sistematis, teliti dan terstruktur	Tidak memiliki peringkat risiko, hanya dapat diterapkan pada sistem tertentu, dan membutuhkan waktu yang cukup lama.

		memberikan kerugian terhadap sistem yang ada disekitar			
4	SHERPA *(Systematic human error reduction and prediction approach)*	Teknik identifikasi potensi bahaya berdasarkan klasifikasi *error*. Dan menggunakan HTA (*Hierarchy Task Analysis)* sebagai dasar analisis.	Dapat diterapkan diberbagai industri, tetapi jenis pekerjaa n yang dilakukan harus melibatkan manusia.	Dapat menganalisis *potential error*, dan menganalisis data yang valid dan reliabel	Tidak menggambarkan faktor kognitif yang menyebabkan terjadinya error.
5	TRACER *(Technique For The Retrospective and predictif analysis of*	Menggunakan pendekatan yang retrospektif dan prospektif dari kegagalan faktor kognitif terhadap air *traffic control* (ATC)	Pernerapan dilakukan pada jenis pekerjaan yang membutuhkan persepsi, daya ingat, pengambilan keputusan dan persepsi.	Fokus terhadap segala penyebab terjadinya kesalahan (internal dan eksternal) dan melakukan perbaikan detail agar tidak terjadi lagi kesalahan.	Membutuhkan waktu lama
6	HEART *(Human Error Assesment and Reduction Technique)*	Melakukan evaluasi probabilitas terjadinya *error* terhadap pekerjaan yang seluruhnya dilakukan oleh manusia	Dapat diterapkan diberbagai industri, tetapi jenis pekerjaan yang dilakukan harus dilakukan manusia.	Cepat dan mudah digunakan, serta hanya membutuhkan sedikit pelatihan	Sangat subjektif dan metodologi yang ada masih memerlukan validasi lebih lanjut

Dengan melihat teknik-teknik identifikasi diatas, teknik identifikasi *hazard and operability (Hazop)* dipilih sebagai teknik identifikasi yang akan digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini. Teknik hazard and operability dipilih karena teknik tersebut sistematis, teliti dan terstruktur. Selain itu, teknik hazop dipilih karena teknik tersebut diterapkan pada sistem industri yang melibatkan mesin-mesin yang pengoperasiannya berpotensi menimbulkan bahaya.

2.2.2. Pengertian *Hazard and Operability* (Hazop)

Hazop berasal dari kata *hazard and operability studies* sebagai berikut: (1) *hazard* merupakan kondisi fisik yang berpotensi menyebabkan kerugian, kecelakaan, bagi manusia, dan atau kerusakan alat, lingkungan atau bangunan; dan (2) *operability*

studies merupakan beberapa bagian kondisi operasi yang sudah ada dan dirancang namun kemungkinan dapat menyebabkan *shutdown* yang menimbulkan rentetan insiden yang merugikan perusahaan. (Munawir 2010)

The Hazard and Operability Study (hazop) adalah standar teknik analisis bahaya yang digunakan dalam persiapan penetapan keamanan dalam suatu sistem baru atau modifikasi untuk suatu keberadaan potensi bahaya atau masalah *operability*-nya. Hazop adalah suatu metode identifikasi bahaya yang sistematis teliti dan terstruktur untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang menganggu jalannya proses dan risiko yang terdapat pada suatu peralatan yang dapat menimbulkan risiko merugikan bagi manusia atau fasilitas pada sistem. Dengan kata lain metode ini digunakan sebagai upaya pencegahan sehingga proses yang berlangsung dalam suatu sistem dapat berjalan lancar dan aman (Juliana, 2008).
Tujuan penggunaan hazop sendiri adalah untuk meninjau suatu proses atau operasi pada suatu sistem secara sistematis untuk menentukan apakah proses penyimpangan dapat mendorong kearah kejadian atau kecelakaan yang tidak diinginkan. Hazop secara sistematis mengidentifikasi setiap kemungkinan penyimpangan*(deviation*) dari kondisi operasi yang telah ditetapkan dari suatu *plant*, mencari berbagai faktor penyebab *(cause)* yang memungkinkan timbulnya kondisi abnormal tersebut, dan menentukan konsekuensi yang merugikan sebagai akibat terjadinya penyimpangan serta memberikan rekomendasi atau tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak dari potensi risiko yang telah berhasil diidentifikasi (Munawir, 2010).

Berikut istilah-istilah terminologi (*key words*) yang dipakai untuk mempermudah pelaksanaan hazop antara lain sebagai berikut:

1) Proses, merupakan proses apa yang sedang terjadi atau lokasi dimana proses tersebut berlangsung
2) Sumber *hazard*, merupakan sumber bahaya yang ditemukan di lapangan.
3) *Deviation* (Penyimpangan), merupakan kata kunci kombinasi yang sedang diterapkan. (merupakan gabungan dari guide words dan parameters).

4) *Cause* (Penyebab), merupakan penyebab yang kemungkinan besar akan mengakibatkan terjadinya penyimpangan.
5) *Consequence* (Akibat/konsekuensi), merupakan suatu akibat dari suatu kejadian yang biasanya diekspresikan sebagai kerugian dari suatu kejadian atau resiko. Dalam menentukan konsekuensi tidak boleh melakukan batasan karena hal tersebut bisa merugikan pelaksanaan penelitian.
6) *Safeguards* (Usaha Perlindungan), merupakan adanya perlengkapan pencegahan yang mencegah penyebab atau usaha perlindungan terhadap konsekuensi kerugian akan didokumentasikan pada kolomini. *Safeguards* juga memberikan informasi pada operator tentang pemyimpangan yang terjadi dan juga untuk memperkecil akibat.
7) *Action* (Tindakan yang Dilakukan), apabila suatu penyebab dipercaya akan mengakibatkan konsekuensi negatif, harus diputuskan tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan. Tindakan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu tindakan yang mengurangi atau menghilangkan penyebab dan tindakan yang menghilangkan akibat (konsekuensi). Sedangkan apa yang terlebih dahulu diputuskan, hal ini tidak selalu memungkinkan, terutama ketika berhadapan dengan kerusakan peralatan. Namun, yang pertama selalu diusahakan untuk menyingkirkan penyebabnya, dan hanya dibagian mana perlu mengurangi konsekuensi.
8) *Node* (Titik Studi),merupakan pemisahan suatu unit proses menjadi beberapa bagian agar studi dapat dilakukan lebih terorganisir. Titik studi bertujuan untuk membantu dalam menguraikan dan mempelajari suatu bagian proses.
9) *Severity*, merupakan tingkat keparahan yang diperkirakan dapat terjadi.
10) *Likelihood*, merupakan kemungkinan terjadinya konsekwensi dengan sistem pengaman yang ada.
11) *Risk* atau resiko, merupakan kombinasi kemungkinan *likehood* dan *severity*.
12) Tujuan desain, tujuan desain diharapkan menggambarkan bagaimana proses dilakukan pada *node* (titik studi). Digambarkan secara kualitatif sebagai aktivitas (misalnya: reaksi, sedimentasi, dsb) atau dengan kuantitatif dalam

parameter proses seperti suhu, laju alir, tekanan, komposisi dan lain sebagainya.

2.2.3. Identifikasi Bahaya (*Hazard*) Dengan Hazop *Worksheet* dan *Risk Assestment*

Langkah-langkah untuk melakukan identifikasi *hazard* dengan menggunakan hazop *worksheet* dan *Risk Assessment* adalah sebagai berikut:

1) Mengetahui urutan proses yang ada pada area penelitian.
2) Mengidentifikasi *hazard* yang ditemukan pada area penelitian.
3) Melengkapi kriteria yang ada pada hazop *worksheet* dengan urutan sebagai berikut:

a) Mengklasifikasikan *hazard* yang diketemukan (sumber *hazard* dan frekuensi temuan *hazard*).
b) Mendeskripsikan *deviation* (penyimpangan) yang terjadi selama proses operasi
c) Mendeskripsikan penyebab (*cause*) terjadinya penyimpangan.
d) Mendeskripsikan apa yang dapat ditimbulkan dari penyimpangan tersebut (*consequences*)
e) Menentukan *action* atau tindakan sementara yang dapat dilakukan.
f) Menilai risiko (*risk assessment*) yang timbul dengan mendefinisikan kriteria *likelihood* dan *consequences/severity*. Kriteria *likelihood*, yang digunakan adalah frekuensi dimana dalam perhitungannya secara kuantitatif berdasarkan data atau *record* perusahaan selama kurun waktu tertentu. Kriteria *consequences*/*severity*, yang digunakan adalah akibat apa yang akan diterima pekerja yang didefinisikan secara kualitatif dan mempertimbangkan hari kerja yang hilang.
g) Melakukan perangkingan dari *hazard* yang telah di identifikasi menggunakan *worksheet* hazop dengan memperhitungkan *likelihood* dan *consequence*, kemudian menggunakan *risk matrix*, untuk mengetahui prioritas *hazard* yang harus diberi prioritas untuk diperbaiki.

h) Merancang perbaikan untuk risiko yang memiliki level tinggi atau ekstrim, kemudian melakukan rekomendasi perbaikan untuk proses.

2.2.2.1. Identifikasi Potensi Bahaya

Hazop digunakan untuk melakukan identifikasi terjadinya potensi bahaya berdasarkan proses pengoprasiannya. Dari instruksi kerja dapat ditentukan titik kajian. Titik kajian merupakan titik atau bagian dari proses yang ditentukan sebelumnya untuk dijadikan sebagai objek analisis.

Berikut merupakan format tabel keterangan pengisian identifikasi potensi bahaya dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Format pengisian identifikasi potensi bahaya

Titik Kajian	Parameter	Kata Kunci	Penyebab	Akibat

Keterangan pengisian identifikasi potensi bahaya

a. Titik kajian adalah melakukan penentuan objek yang sedang diamati.

b. Parameter adalah acuan yang digunakan untuk melakukan penelitian. Penerapan parameter akan bergantung pada jenis proses yang tengah dipertimbangkan.

c. Kata kunci digunakan sebagai panduan yang membantu untuk mengidentifikasi kemungkinan terjadinya bahaya.

d. Penyebab adalah hal-hal yang mempengaruhi adanya kemungkinan potensi bahaya.

e. Akibat adalah hal-hal yang akan terjadi akibat adanya suatu bahaya.

2.2.2.2. Penilaian Resiko

Setelah identifikasi potensi bahaya kemudian dilakukan penentuan nilai resiko (menentukan nilai *likelyhood* dan *severity*) dengan menggunakan Tabel *Risk Index*. Langkah penentuan standar nilai resiko adalah sebagai berikut:

a. Untuk menentukan tingkat kemungkinan kejadian (*likelyhood*) menggunakan Tabel 2.3.

b. Menentukan tingkat keparahan (*severity*) menggunakan Tabel 2.3.

c. Menentukan peringkat risiko Untuk menentukan peringkat risiko digunakan tabel matriks risiko. Untuk tabel matriks risiko beserta keterangannya dapat dilihat pada Tabel 2.5. dan Tabel 2.6.

Tabel 2.3. Kriteria *Likelihood*

Likelihood			
Level	**Criteria**	**Description**	
		Kualitatif	**Kuantitatif**
1	Jarang terjadi	Dapat dipikirkan tetapi tidak hanya saat keadaan yang ekstrim	Kurang dari 1 kali per 10 tahun
2	Kemungkinan kecil	Belum terjadi tetapi bisa muncul / terjadi pada suatu waktu	Terjadi 1 kali per 10 tahun
3	Mungkin	Seharusnya terjadi dan mungkin telah terjadi / muncul disini atau di tempat lain	1 kali per 5 tahun sampai 1 kali per tahun
4	Kemungkinan besar	Dapat terjadi dengan mudah, mungkin muncul dalam keadaan yang paling banyak terjadi	Lebih dari 1 kali per tahun hingga 1 kali perbulan
5	Hampir pasti	Sering terjadi, diharapkan muncul dalam keadaan yang paling banyak terjadi	Lebih dari 1 kali per bulan

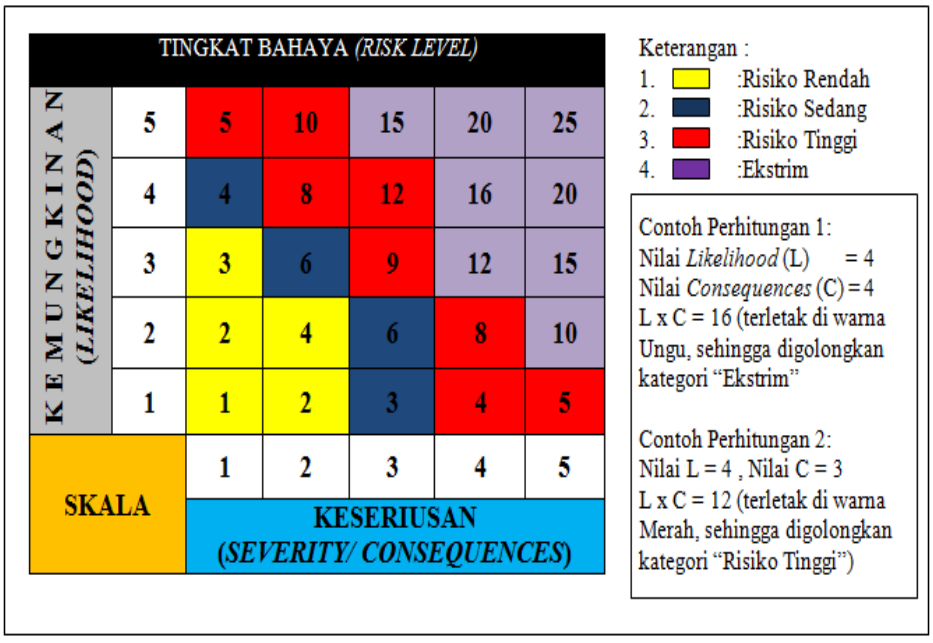
Sumber: UNSW Health and Safety (2008)

Tabel 2.4. Kriteria *Consequences/Severity*

Level	Uraian	KeparahanCidera	HariKerja
1	Tidak Signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia	Tidak menyebabkan kehilangan hari kerja
2	Kecil	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil dan tidak menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan bisnis	Masih dapat bekerja pada hari / shift yang sama
3	Sedang	Cedera berat dan dirawat dirumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang	Kehilangan hari kerja dibawah 3 hari
4	Berat	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan usaha	Kehilangan hari kerja 3 har iatau lebih
5	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah bahkan dapat menghentikan kegiatan usaha selamanya	Kehilangan hari kerja selamanya

Sumber: UNSW Health and Safety (2008)

Tabel 2.5. Risk matrix



Tabel 2.6. Keterangan Tingkat Bahaya (Strategi Minimisasi Potensi Bahaya Berdasarkan Metode hazop di PT. Agronesia

E – Risiko Ekstrim	Kegiatan tidak boleh dilaksanakan atau dilanjutkan sampai risiko telah direduksi. Jika tidak memungkinkan untuk mereduksi risiko dengan sumberdaya yang terbatas, maka pekerjaan tidak dapat dilaksanakan
T – Risiko Tinggi	Kegiatan tidak boleh dilaksanakan sampai risiko telah dirreduksi. Perlu dipertimbangkan sumber daya yang akan dialokasikan untuk mereduksi risiko. Apabila risiko terdapat dalam pelaksanaan pekerjaan yang masih berlangsung, maka tindakan harus segera dilakukan.
S – Risiko Sedang	Perlu tindakan untuk mengurangi risiko, tetapi biaya pencegahan yang diperlukan harus diperhitungkan dengan teliti dan dibatasi. Pengukuran pengurangan risiko harus diterapkan dalam jangka waktu yang ditentukan
R – Risiko Rendah	Risiko dapat di terima. Pengendalian tambahan tidak diperlukan. Pemantauan diperlukan untuk memastikan bahwa pengendalian telah dipelihara dan diterapkan dengan baik dan benar

2.3. *Fault Tree Analysis*

2.3.1. Pengertian *Fault Tree Analysis*

Fault tree analysis adalah salah satu teknik yang dapat diandalkan, dimana kegagalan yang tidak diinginkan, diatur dengan cara menarik kesimpulan dan dipaparkan dengan gambar. FTA adalah salah satu diagram satu arah dan menghubungkan informasi yang dikembangkan dalam analisa cara kegagalan dan akibatnya (*failure mode and effect analysis*, FMEA) (Ebeling, 1997).

Hasil dari pengaturan ini merupakan satu struktur yang mirip pohon, yang disajikan dalam bentuk grafis dari satu logika Boolean yang dihubungkan dengan kegagalan sistem luar biasa dinamakan “kejadian TOP”, dan dapat berkembang ke kegagalan dasar yang dinamakan “kejadian mula”.

Sebagai contoh, kejadian TOP dapat menjadi kejadian dari reaktor secara sistem untuk bekerja, sewaktu terjadi penyimpangan dengan kejadian mula sebagai kegagalan dari masing-masing komponen scara sistem.

Pada mulanya, dengan kejjadian TOP dan menuju ke kejadian mula, konstruksi "*fault tree*" adalah salah satu yang dapat digunakan untuk menarik kesimpulan.
Nilai dari "*fault tree*" adalah :

- Mengarahkan analisa guna menyelidiki dengan seksama kegagalan-kegagalan.
- Menunjukkan aspek dari sistem yang penting buat kegagalan yang diperhatikan.
- Menyediakan bantuan grafis guna memberi gambaran pada mereka di dalam managemen sistem yang dialihkan dari sistem perubahan desain.
- Menyediakan pilihan guna sistem analisa yang terpercaya kualitatif dan kuantitatif.
- Menyediakan satu gambaran ke dalam sifat sistem.

2.3.2. Fungsi FTA (*fault Tree Analysis*)

Fault tree analysis ialah diagram yang digunakan untuk mendeteksi adanya gejala supaya mengetahui akar penyebab suatu masalah, dimulai dari kejadian puncak TOP (puncak).

2.3.3. Langkah-langkah Utama FTA

Langkah-langkah utama adalah sebagai berikut :

1. Definisi dari sistem, TOP *event* (kecelakaan potensial), dan batasan masalah.
2. Pembuatan FTA (*fault tree analysis*).
3. Identifikasi kemungkinan.
4. Analisis Qualitatif.
5. Analisis Quantitatif.
6. Pelaporan (*report*).

2.3.4. Simbol FTA (*Fault Tree Analysis*)

Ada dua macam bangunan balok yaitu : simbol pintu dan simbol kejadian.

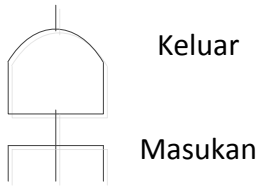
- Simbol Pintu (*gate symbol*)

  Simbol pintu menghubungkan kejadian-kejadian sesuai dengan hubungannya yang menyangkut sebab.

  Satu pintu dapat mempunyai satu atau lebih kejadian masuk tetapi hanya ada satu kejadian ke luar. Simbol pintu tersebut yang menjadi perhatian, dan keterangan singkat dari arti adalah sebagai berikut:

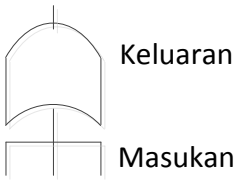
  - Pintu "DAN"

    Pintu "DAN" adalah operasi antar seksi dari set-set; yaitu satu kejadian ke luar terjadi, jika dan hanya jika semua masukan terjadi.

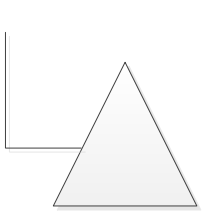
  - Pintu "ATAU"

    Pintu "ATAU" adalah kesatuan operasi dari set-set; yaitu kejadian ke luar terjadi, jika satu atau lebih dari masukan terjadi.

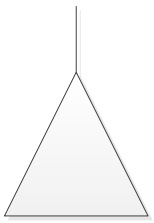
    

  - Pintu "TRANSFER'

    Simbol pintu "TRANSFER" menyediakan satu alat guna mencegah pengulangan bagian dari "*fault tree*". Pintu "*transfer out*" mewakili semua cabang yang mengukutinya, dihgambarkan dengan simbol, katakanlah1 dan menunjukkan bahwa cabang telah diulangi di tempat lain. Pintu, "*transfer-in*" mewakili cabang (dalam hal ini 1) yang telah digambarkan di tempat lain, dan daripada menggambar lagi adalah cukup dengan masukan pada titik tersebut.



Transfer Keluaran



Transfer Masukan

- Simbol Kejadian (*event symbol*)
  - "Lingkaran"

    Lingkaran mewakili satu kejadian kesalahan dasar yang tidak memerlukan pemeriksaan lebih lanjut, karena kemungkinan kejadian semacam itu berasal dari data empiris atau analisa fisik satu kegagalan.



  - "Belah ketupat"

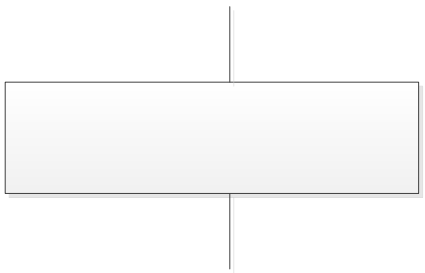
    Belah ketupat mewakili kejadian kesalahan yaitu yang diduga mendasar dalam satu "*fault tree*"

    Kejadian ini dapat dibagi lebih lanjut untuk menunjukkan bagaimana ia diakibatkan oleh kegagalan dasar, tetapi tidak dikembangkan, baik karena kurangnya makna dalam kesalahan semacam itu atau karena kurangnya detail yang cukup untuk mengembangkannya.



  - "segi empat panjang"

    Segi empat panjang mewakili suatu kejadian sebagai hasil dari kombinasi dari macam kejadian yang duraikan di atas melalui masukan dari pintu yang sesuai.



Langkah akhir adalah menentukan tiap pernyataan kata dalam pohon batas frekuensi (misal : kejadian/tahun) dan di mana terkait kesamaan keadaan dalam hal ini lamanya (misal : jumlah jam rata-rata tiap kejadian). Bila terjadi interaksi yang sangat berpengaruh antara operator dengan fasilitas peralatan, maka diperlukan kemungkinan rata-rata mengenai tindakan yang gagal dari operator tersebut.

Jika data (angka) dari tiap kejadian telah digabungkan, maka angka diolah dengan mulai memberi masukan pertama pada tiap cabang dari pohon dan diteruskan ke masukan akhir. Kejadian masukan melalui satu pintu "ATAU" hanya dijumlah.

2.3.5. Nilai dari FTA

- Mengarahkan analisa guna menyelidiki dengan seksama kegagalan-kegagalan.
- Menunjukkan aspek dari sistem yang penting buat kegagalan yang diperhatikan.
- Menyediakan bantuan grafis guna memberi gambaran pada sistem managemen yang dialihkan dari sistem perubahan desain.
- Menyediakan pilihan guna sistem analisa yang terpercaya secara kualitatif dan kuantitatif.
- Menyediakan satu gambaran ke dalam sifat sistem.

2.3.6. Analisa Pohon Kesalahan (*Fault Tree Analysis*)

Sebuah pohon kesalahan adalah sebuah tool grafis yang melakukan pencatatan semua mode kesalahan dari sebuah sistem yang rumit menjadi kombinasi logika,

hubungan sederhana gerbang AND dan OR. Kesalahan-kesalahan yang dimaksud disini adalah kesalahan komponen. Data yang baik dapat dipakai sebagai dasar kesalahan (kegagalan) dari seluruh komponen-komponen kritis, sedangkan analisis pohon kesalahan (*Fault Tree Analysis*/FTA) dapat membangkitkan kesalahan-kesalahan dasar yang telah diduga sebelumnya pada keseluruhan sistem.

Teknik FTA pada teknik industri digunakan dengan cara membuat sebuah pohon yang menggambarkan hubungan sebab akibat antara vektor penyerang dengan kesalahan sistem. Aplikasi dari tindak balas diharapkan akan memangkas cabang-cabang dari pohon kesalahan sehingga seluruh akibat dapat dibandingkan. FTA didasarkan pada asumsi kembar, kegagalan komponen secara random sesuai dengan hasil statistik dan pada level terendah pohon kesalahan, kesalahan komponen tidak tergantung dengan yang lainnya.

2.3.7. Solusi FTA

Solusi FTA bisa dikerjakan dengan dua cara yaitu dengan :

- Program komputer (pendekatan probabilistik menggunakan simulasi numerik). Hasil yang diharapkan dari program ini adalah menentukan minimal cut-set (analsis kualitatif), dan frekuensi kejadian puncak (analisis kuantitatif).
- Perhitungan sederhana menggunakan diagram FTA dengan cara manual, sedangkan untuk sistem yang besar dan kompleks membutuhkan tenaga dan waktu yang banyak.