

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Dasar

2.1.1 Definisi Resiko

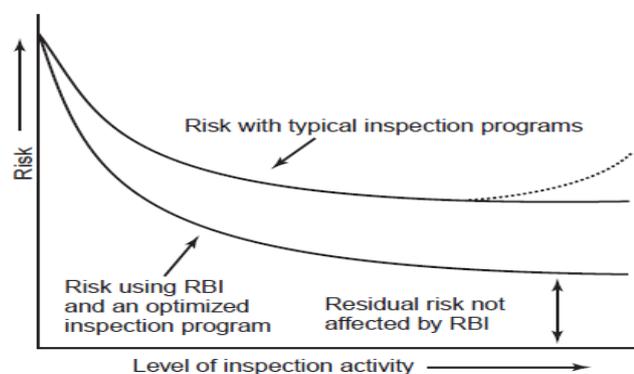
Resiko adalah sesuatu yang kita alami sendiri dalam kehidupan sehari-hari. Baik secara sadar atau tidak sadar bahwasanya setiap orang pasti akan membuat keputusan berdasarkan resiko. Sebuah keputusan yang sederhana menggunakan kendaraan atau berjalan kaki pada saat berangkat kerja juga melibatkan sesuatu yang disebut resiko. Dalam pengambilan keputusan yang jauh lebih penting seperti membeli sebuah rumah atau menginvestasikan uang dalam jumlah yang besar semuanya tentunya mempertimbangkan resiko yang dapat diterima. Dalam kehidupan tidak akan pernah bebas dari resiko walaupun sesuatu yang dilakukan secara hati-hati tetap memiliki potensi yang dapat merugikan. Sebagai contoh seseorang yang mengendarai mobil, dia harus dapat menerima kemungkinan kecelakaan yang dapat menyebabkan kematian atau luka parah. Alasan yang menyebabkan resiko ini dapat diterima yaitu dengan mempertimbangkan agar kemungkinan terjadinya kecelakaan yang menyebabkan kematian dan luka parah dapat diturunkan menjadi sangat rendah sehingga resiko tersebut dapat diterima. Hal ini mempengaruhi dalam pengambilan keputusan dalam pemilihan jenis mobil, pemasangan alat-alat pengaman, mengendarai mobil dengan benar dengan mempertimbangkan kondisi lalu lintas di jalan dan kecepatan mobil. Resiko merupakan kombinasi dari kemungkinan terjadinya suatu kegagalan dalam rentang waktu tertentu dan konsekuensi negatif dari kejadian tersebut, sehingga dapat dirumuskan dalam persamaan mate-matika sebagai berikut^[1, 2, 3, 4]:

$$\text{Resiko} = \text{Kemungkinan} \times \text{Konsekuensi} \quad (2.1)$$

2.1.2 Pengenalan pada *Risk Base Inspection*

Tujuan dari *Risk Base inspection* (RBI) yaitu untuk menentukan insiden yang dapat menyebabkan kerugian (konsekuensi) pada suatu kejadian kegagalan peralatan dan seberapa sering insiden tersebut terjadi^[2]. Sebagai contoh suatu bejana bertekana mengalami kerusakan akibat korosi di bawah isolasi yang menyebabkan kebocoran sehingga menyebabkan beberapa konsekuensi yang mungkin terjadi. Beberapa kemungkinan konsekuensi yang mungkin terjadi yaitu :

- a. Terbentuknya awan uap panas yang dapat memicu cedera pada manusia ataupun kerusakan peralatan.
- b. Terlepasnya bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan manusia.
- c. Menghasilkan kebocoran bahan kimia yang menyebabkan kerusakan lingkungan.
- d. Mengakibatkan unit *shut down* secara terpaksa sehingga mengakibatkan kerugian pada sisi ekonomi.



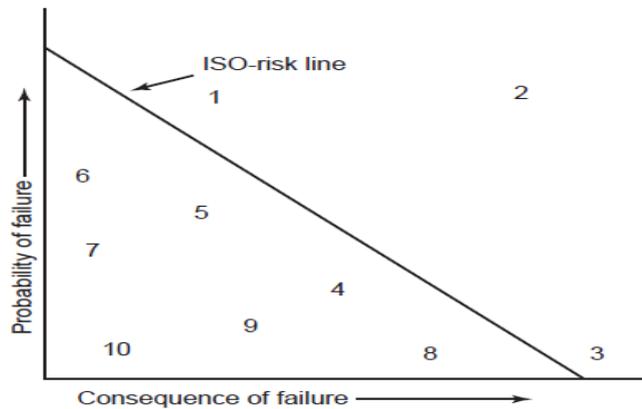
Gambar 2.1. Manajemen Resiko Menggunakan RBI (*Risk Base Inspection*)^[3]

Gabungan dari satu atau lebih kemungkinan kejadian dengan konsekuensinya akan menghasilkan resiko pada proses operasi. Beberapa kegagalan yang terjadi relatif lebih sering tanpa menyebabkan kerugian yang signifikan pada sisi *safety*, lingkungan dan ekonomi. Hal tersebut akan sama beberapa kegagalan yang memiliki potensial kerugian yang cukup besar tetapi kemungkinan terjadinya sangat kecil sehingga resiko tersebut tidak

membutuhkan tindak lanjut yang segera. Namun demikian bila kombinasi antara konsekuensi dan kemungkinan sebuah resiko cukup tinggi sehingga mencapai level yang tidak dapat diterima maka tindakan mitigasi untuk memperkirakan dan mencegah kejadian ini sangatlah diperlukan^[3].

Secara konvensional, organisasi hanya fokus semata pada konsekuensi dari sebuah kegagalan atau hanya pada kemungkinan terjadinya kegagalan tersebut tanpa usaha secara sistematis untuk menggabungkan keduanya. Mereka tidak mempertimbangkan seberapa sering sebuah kejadian yang tidak diinginkan akan terjadi. Hanya dengan mempertimbangkan kedua faktor tersebut sebuah keputusan berdasarkan resiko dapat diambil secara efektif. Pada umumnya kriteria penerimaan sebuah resiko dapat didefinisikan sehingga dapat diketahui bahwa tidak setiap kegagalan akan menyebabkan kejadian yang tidak diinginkan dengan konsekuensi yang serius (misalnya kebocoran air) dan beberapa kejadian dengan konsekuensi yang serius memiliki kemungkinan terjadi yang sangat rendah^[3].

Pemahaman terhadap kedua dimensi aspek resiko memungkinkan untuk menggunakan resiko sebagai acuan untuk prioritas inspeksi dan perencanaan untuk *maintenance*. Figure-2 menunjukkan resiko yang mengikuti setiap jenis peralatan dalam proses operasi. Baik kemungkinan dan konsekuensi dari kegagalan telah ditentukan untuk kesepuluh jenis peralatan dan hasilnya telah diplot dalam grafik. Setiap titik menunjukkan tingkat resiko dari setiap jenis peralatan. Berdasarkan resiko maka dapat dibuat tingkatan jenis peralatan yang akan diinspeksi. Berdasarkan urutan daftar tersebut maka dapat dikembangkan sebuah rencana untuk inspeksi dengan perhatian difokuskan pada area yang memiliki resiko tertinggi. Sebuah garis "*iso-risk*" yang ditunjukkan pada figure-2. Garis ini menunjukkan level resiko konstan. Level resiko yang masih diterima dapat digambarkan dengan garis "*iso-risk*". Dengan garis *iso-risk* akan memisahkan item dengan resiko yang masih dapat diterima dan item dengan resiko yang tidak dapat diterima. *Risk Plot* ini juga dapat digambarkan dengan log-log scales untuk memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap resiko relatif dari item yang di-*assessment*^[3].



Gambar 2.2. Plot Resiko^[3]

2.2 Tipe Assessment RBI

Berbagai tipe dari *assessment* RBI dapat dilakukan pada beberapa level.

Pilihan pendekatan tergantung pada berbagai variable seperti :

- a. Tujuan dari studi.
- b. Jumlah fasilitas dan jenis peralatan yang akan di-studi.
- c. Sumber yang tersedia.
- d. Frame waktu studi.
- e. Kompleksitas dari fasilitas dan proses.
- f. Alamiah dan kulaitas dari data yang tersedia.

Prosedure RBI dapat diaplikasikan secara kualitatif dan kuantitatif atau pun kedua aspek tersebut (semi-kuantitatif). Setiap pendekatan akan memberikan metode yang sistematis untuk menyaring resiko, mengidentifikasi area dengan potensial yang tinggi dan untuk menghasilkan daftar prioritas untuk inspeksi dan analisa yang lebih dalam. Setiap metode akan mengukur tingkat resiko yang akan digunakan untuk evaluasi secara terpisah kemungkinan kegagalan dan potensial konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut. Kedua nilai tersebut kemudian akan dikombinasikan untuk mengestimasi resiko^[3].

2.2.1 Pendekatan Kualitatif

Pendekatan ini membutuhkan masukan data berdasarkan deskripsi informasi menggunakan *engineering judgment* dan pengalaman sebagai dasar dari analisa kemungkinan dan konsekuensi dari kegagalan yang terjadi. Masukan-masukan yang diberikan sering dalam *range* data sehingga memberikan nilai yang berbeda. Hasil yang diberikan pada umumnya dalam bentuk kualitatif seperti tinggi, sedang dan rendah namun demikian nilai atau angka dapat diikutkan dalam kategori tersebut. Kelebihan dari analisis dengan tipe ini yaitu kemampuan untuk memberikan *assessment* resiko untuk item yang tidak memiliki data kuantitatif yang detail. Ketepatan hasil dari analisa kualitatif sangat tergantung dari latar belakang ekspertis dan analisisnya^[3].

2.2.2 Pendekatan Kuantitatif

Analisa resiko secara kuantitatif terintegrasi dalam metodologi yang seragam dengan informasi yang berhubungan tentang desain fasilitas, pelaksanaan operasi, sejarah operasi, reliabilitas komponen, tindakan manusia, progress fisik dari kecelakaan dan efek potensial terhadap kesehatan dan lingkungan. Analisa resiko kuantitatif menggunakan model logika yang menggambarkan kombinasi dari kejadian yang dapat menyebabkan kecelakaan yang merugikan dan model fisik yang menggambarkan progres dari kecelakaan dan perpindahan material yang berbahaya bagi lingkungan. Model akan dievaluasi secara kemungkinan untuk memperoleh pandangan tentang kualitatif dan kuantitatif dari tingkat resiko dan mengidentifikasi karakter desain atau operasional yang paling berpengaruh pada resiko. Sesuatu yang membedakan analisa resiko kuantitatif dari pendekatan kualitatif yaitu kedalaman analisis dan integrasi dari *assessment* yang detail^[3].

Model logis dari analisa resiko kuantitatif secara umum terdiri dari pohon kejadian (*event trees*) dan pohon kesalahan (*fault trees*). Pohon kejadian akan memberikan inisiasi kejadian dan kombinasi dari sistem yang sukses dan yang gagal, sedangkan pohon kesalahan menggambarkan jalur kegagalan dari sistem yang dapat terjadi sesuai dengan pohon kejadian. Model tersebut

dianalisa untuk memperkirakan kemungkinan dari setiap rangkaian kecelakaan. Hasil ini dapat digunakan sebagai pendekatan umum yang disajikan dalam nilai resiko misalnya biaya pertahun^[3].

2.2.3 Pendekatan Semi-Kuantitatif

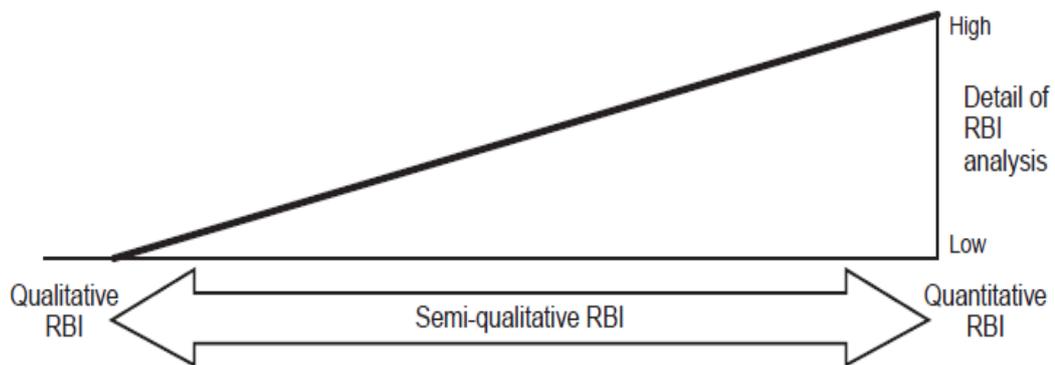
Semi-kuantitatif adalah istilah yang menggambarkan suatu pendekatan yang memiliki aspek yang diturunkan dari pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif^[3, 4]. Hal ini membantu untuk mencapai keuntungan utama dari kedua pendekatan (sebagai contoh kecepatan dalam pendekatan kualitatif dan ketepatan pendekatan kuantitatif). Secara umum sebagian besar data digunakan dalam pendekatan kuantitatif dibutuhkan dalam pendekatan ini dengan tingkat detail yang relatif lebih rendah. Model yang digunakan juga tidak setepat dengan model pendekatan kuantitatif. Hasil yang diberikan biasanya lebih berupa kategori konsekuensi dan kemungkinan dari pada nilai resiko namun penilaian dapat diikuti dalam setiap kategori untuk memungkinkan aplikasi kalkulasi resiko untuk memperoleh kriteria penerimaan resiko yang sesuai^[3].

2.2.4 Pendekatan Berkesinambungan (*Continuum of Approaches*)

Dalam pelaksanaannya, suatu studi RBI pada umumnya menggunakan aspek pendekatan kualitatif, kuantitatif dan semi-kuantitatif. Kesemua pendekatan RBI tersebut tidak dianggap sebagai bahan perbandingan tetapi lebih bersifat saling melengkapi satu sama lain. Sebagai contoh level yang tinggi pada pendekatan kualitatif dapat digunakan pada unit level untuk mengetahui unit dalam fasilitas yang memiliki resiko yang tertinggi. Sistem dan peralatan dalam unit dapat disaring dengan menggunakan pendekatan kualitatif dengan pendekata lebih kuantitatif digunakan untuk item dengan resiko yang lebih tinggi. Contoh lain yaitu dengan menggunakan analisa konsekuensi kualitatif dikombinasikan dengan analisa kemungkinan semi-kuantitatif^[3].

Ketiga pendekatan dianggap menjadi berkesinambungan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif sebagai bagian yang ekstrim dari pendekatan berkesinambungan dan segala sesuatu yang berada *range* pendekatan semi-kuantitatif. Gambar 2.3. memberikan ilustrasi konsep

pendekatan berkesinambungan. Proses RBI ditunjukkan pada blok diagram yang lebih sederhana pada gambar 2.4., menggambarkan elemen penting dari perencanaan inspeksi berdasarkan analisa resiko. Setiap elemen penting yang ditunjukkan pada gambar 2.4. dibutuhkan untuk melengkapi program RBI tanpa menghiraukan jenis pendekatan yang dilakukan^[3].



Gambar 2.3. Pendekatan RBI Berkesinambungan^[3]

2.2.5 Assessment Resiko Kuantitatif

Quantitative risk assessment (QRA) mengacu pada metode tertentu yang dihasilkan dari aplikasi teknik analisa resiko pada berbagai jenis fasilitas yang memiliki banyak perbedaan termasuk *hydrocarbon* dan fasilitas proses kimia. Untuk semua maksud dan tujuan, hal ini merupakan analisa resiko tradisional. Suatu analisa RBI akan memberikan lebih banyak teknik dan data yang dibutuhkan dibandingkan dengan QRA. Jika QRA sudah dipersiapkan untuk sebuah unit proses maka analisa konsekuensi RBI dapat menggunakannya untuk hasil yang lebih jauh. QRA yang tradisional pada umumnya berisi lima bagian tugas utama yaitu^[3]:

- a. Identifikasi sistem
- b. Identifikasi bahaya
- c. Identifikasi kemungkinan kejadian
- d. Identifikasi konsekuensi kejadian
- e. Hasil resiko

Identifikasi sistem, identifikasi bahaya dan identifikasi konsekuensi kejadian saling berhubungan dan tergabung dalam satu integrasi. Identifikasi

bahaya dalam analisa RBI umumnya terfokuskan pada mekanisme kegagalan yang dapat diidentifikasi pada sebuah peralatan tetapi tidak menghubungkannya dengan potensial kegagalan yang lain yang dihasilkan dari kegagalan pada sumber tenaga atau pada kesalahan manusia. QRA berhubungan dengan resiko total, tidak hanya resiko yang diakibatkan oleh kerusakan suatu peralatan. QRA pada umumnya merupakan evaluasi yang lebih detail dari analisa RBI. Data yang umumnya dianalisa yaitu^[3]:

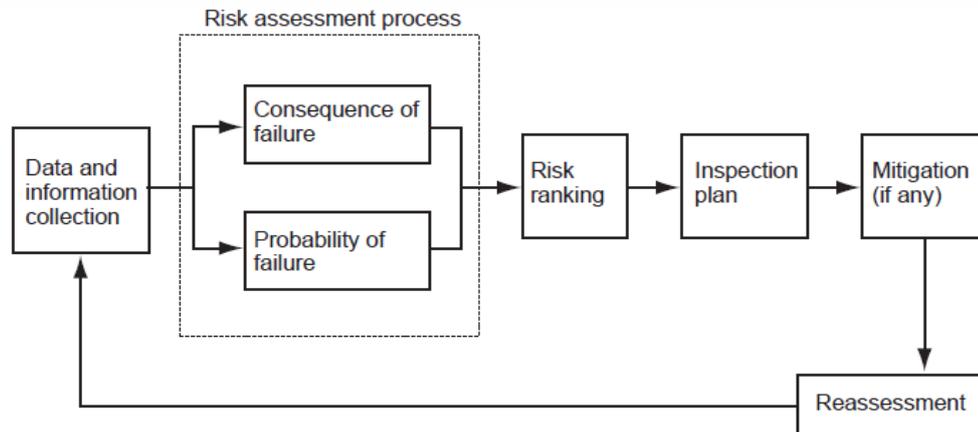
- a. HAZOP kondisi sekarang atau hasil analisa bahaya proses (*process hazard analysis*, PHA)
- b. Rancangan *dike* dan *drainage*
- c. Sistem deteksi bahaya
- d. Sistem proteksi kebakaran
- e. Statistik buangan
- f. Statistik kecelakaan
- g. Distribusi populasi
- h. Topografi
- i. Kondisi cuaca
- j. Penggunaan tanah atau area

Seorang penganalisa resiko yang berpengalaman dapat menghasilkan hasil QRA yang baik. Terdapat kemungkinan untuk menghubungkan detail dari QRA dengan analisa RBI^[3].

2. 3 Mengatur Resiko Operasi dengan RBI

Integritas mekanika dan performa fungsional dari sebuah peralatan tergantung dari kesinambungan dari alat tersebut untuk beroperasi secara aman dan kehandalannya pada kondisi operasi normal dan abnormal yang terpapar pada alat tersebut. Dalam suatu *assessment* RBI, kerentangan sebuah alat pada kerusakan oleh satu atau lebih mekanisme (misalnya korosi, *fatigue*, *cracking*) ditetapkan. Kerentangan setiap alat harus didefinisikan dengan jelas untuk kondisi operasi sekarang termasuk beberapa faktor di dalamnya :

- a. Fluida proses, kontaminan dan komponen agresif lainnya.
- b. Unit yang dilewati
- c. Waktu operasi unit yang diinginkan (sebelum *shut down*)
- d. Kondisi operasi termasuk kondisi abnormal untuk tekanan, suhu, laju alir



Gambar 2.4. Perencanaan Langkah Proses RBI ^[3]

Kecocokan kondisi alat yang terpasang dengan kondisi operasi akan memberikan gambaran tentang kemungkinan kegagalan (*Probability of failure*, POF) suatu alat dari satu atau lebih mekanisme kerusakan. Kemungkinan ini bila dipasangkan dengan konsekuensi kegagalan (*Consequence of failure*, COF) yang terikut maka akan menghasilkan resiko operasi yang ada pada jenis alat tersebut, oleh karena itu diperlukan mitigasi jika inspeksi, perubahan metalurgi atau perubahan pada kondisi operasi.

2.3.1 Manajemen Resiko dengan Inspeksi

Inspeksi berpengaruh pada ketidaktentuan suatu resiko yang terikut pada peralatan utamanya dengan meningkatkan pengetahuan mengenai mekanisme kerusakan dan perkiraan kemungkinan kegagalan. Namun demikian inspeksi tidak dapat mengurangi resiko secara langsung, hal ini merupakan aktivitas mengatur resiko dengan harapan akan mengurangi resiko tersebut. Pada pelaksanaan inspeksi yang menjadi perhatian utama adalah deteksi dan monitor kerusakan. Kemungkinan kegagalan karena kerusakan adalah fungsi dari 4 (empat) faktor yaitu :

- a. Jenis dan mekanisme kerusakan.
- b. Laju kerusakan.
- c. Kemungkinan untuk mengidentifikasi dan mendeteksi kerusakan dan memperkirakan kerusakan di masa datang dengan teknik inspeksi.
- d. Toleransi peralatan untuk berbagai jenis kerusakan

2.3.2 Menetapkan Rencana dan Prioritas Inspeksi dengan RBI

Produk utama dari RBI adalah rencana inspeksi untuk setiap jenis peralatan yang dievaluasi. Rencana inspeksi haruslah detail dan lengkap dengan resiko yang tidak termitigasi yang berhubungan dengan kondisi operasi sekarang. Untuk resiko yang dianggap tidak dapat diterima, rencananya harus berisi dengan tindakan mitigasi atau rekomendasi untuk mengurangi resiko yang tidak dapat dimitigasi agar mencapai level yang dapat diterima. Untuk mengurangi biaya inspeksi (*cost effective*) maka dilakukan manajemen resiko dengan rencana inspeksi yang harus memberikan gambaran jenis, ruang lingkup, dan waktu inspeksi serta test yang direkomendasikan. Reranking level resiko yang tidak termitigasi dari peralatan memungkinkan pengguna untuk membuat suatu prioritas berbagai jenis inspeksi dan penge-test-an yang dilakukan. Level dari resiko yang tidak termitigasi harus digunakan untuk mengevaluasi kepentingan untuk melaksanakan inspeksi.

2.3.3 Menejemen Resiko Lainnya

Diketahui bahwa beberapa resiko tidak dapat dimanajemen dengan benar dengan hanya mengandalkan inspeksi. Sebagai contoh ketika inspeksi tidak dapat mengatur resiko sehingga mencapai level yang dapat diterima, misalnya :

- a. Peralatan yang sudah mendekati umur pemakaian.
- b. Mekanisme kegagalan seperti *brittle fracture*, *fatigue* dimana pencegahan kegagalan sangat tergantung pada kondisi operasi temperatur dan tekanan.
- c. Dan resiko yang sangat didominasi oleh konsekuensi.

Dalam beberapa kasus tersebut dibutuhkan aksi mitigasi selain inspeksi seperti perbaikan peralatan, penggantian dengan *grade* yang lebih tinggi, design

ulang peralatan atau pengontrolan kondisi operasi yang ketat dapat lebih tepat untuk mengurangi resiko sampai pada level yang bisa diterima.

2.4 Hubungan antara RBI dan Inisiatif Keselamatan dan Resiko yang Lain

Metode RBI bertujuan untuk melengkapi inisiatif safety dan resiko yang lain. Hasil dari beberapa inisiatif dapat menjadi masukan bagi metode RBI dan tentunya hasil dari metode RBI dapat digunakan untuk meningkatkan inisiatif safety dan resiko yang telah diimplementasikan oleh organisasi sebelumnya. Beberapa contoh inisiatif tersebut antara lain :

- a. *OSHA PSM programs.*
- b. *EPA risk management programs.*
- c. *ACC responsible care.*
- d. *ASME risk assessment publications.*
- e. *CCPS risk assessment techniques.*
- f. *Reliability centered maintenance.*
- g. *Process hazards analysis.*
- h. *Seveso 2 directive in Europe.*

Hubungan antara RBI dengan beberapa inisiatif resiko dapat digambarkan sebagai berikut:

2.4.1 Analisa Bahaya Proses

Analisa bahaya proses (*Process hazard analysis, PHA*) menggunakan pendekatan sistematis untuk menganalisa dan mengidentifikasi bahaya dalam unit proses. Studi RBI dapat termasuk suatu tinjauan ulang hasil dari beberapa PHA yang telah dilakukan pada unit yang sedang dievaluasi. Identifikasi bahaya dalam PHA dapat ditujukan secara spesifik dalam analisa RBI. Potensi bahaya yang teridentifikasi dalam PHA akan mempengaruhi sisi kemungkinan terjadinya kegagalan dalam suatu persamaan resiko. Bahaya dapat berasal dari beberapa seri kejadian yang menyebabkan kegagalan pada proses atau itu dapat menyebabkan kekurangan pada desain proses atau instrumentasi. Dalam kasus

yang lain juga, kondisi bahaya dapat meningkatkan kemungkinan kegagalan, yang mana prosedur RBI harus memperhatikan hal yang sama. Beberapa bahaya teridentifikasi dapat berpengaruh pada sisi konsekuensi kegagalan dalam persamaan resiko. Sebagai contoh, potensi kegagalan pada *isolation valve* dapat meningkatkan jumlah material yang terlepas pada saat peristiwa kebocoran terjadi. Perhitungan konsekuensi dalam prosedur RBI dapat dirubah untuk merefleksikan adanya penambahan bahaya. Demikian juga hasil dari *assessment* RBI dapat berpengaruh secara signifikan pada peningkatan nilai PHA secara keseluruhan^[3].

2.4.2 Manajemen Keselamatan Proses (PSM)

Sebuah sistem manajemen keselamatan proses yang kuat dapat secara signifikan mengurangi level resiko dalam proses pabrik (mengacu pada 29 CFR 1910.119 atau API RP 750). RBI dapat termasuk metodologi untuk meng-assess keefektifan dari sebuah sistem manajemen dalam pemeliharaan integritas mekanika. Hasil dari evaluasi dari sistem manajemen tersebut menjadi faktor yang penting dalam penentuan resiko. Beberapa bagian dari program PSM yang baik akan memberikan masukan (*input*) bagi studi RBI. Pengembangan data dari peralatan dan proses yang dibutuhkan dalam analisa RBI, hasil dari PHA dan report investigasi kecelakaan dapat meningkatkan validitas dari studi. Pada gilirannya, program RBI dapat meningkatkan aspek integritas mekanika dari program PSM. Sebuah program PSM yang efektif termasuk di dalamnya program inspeksi peralatan yang terstruktur dengan baik. Sistem RBI dapat meningkatkan fokus pada perencanaan inspeksi, sehingga menghasilkan program PSM yang lebih kuat. Operasi dengan program inspeksi yang menyeluruh dapat mengurangi resiko dari fasilitas sehingga dapat meningkatkan keuntungan dalam pemenuhan inisiatif yang berhubungan dengan keselamatan^[3].

2.4.3 Reliabilitas Peralatan

Program reliabilitas peralatan dapat menyediakan masukan pada porsi analisis kemungkinan kegagalan pada program RBI. Khususnya laporan

reliabilitas dapat digunakan untuk membuat analisa kemungkinan kegagalan dan frekuensi kebocoran suatu alat. Reliabilitas peralatan menjadi sangat penting jika kebocoran dapat menyebabkan kegagalan berikutnya atau kehilangan peralatan yang lain. Usaha yang berhubungan dengan reliabilitas pemeliharaan reliabilitas terpusat (*reliability centered maintenance*, RCM) dapat dihubungkan dengan RBI dan akan menghasilkan program yang terintegrasi untuk mengurangi *downtime* dalam sebuah unit operasi^[3].

2.5 Tujuan dari *Assessment* RBI

Assessment RBI harus dilakukan dengan tujuan yang jelas dan dimengerti oleh semua anggota tim dan manajemen. Berikut ini tujuan utama dilakukannya analisa RBI :

- a. Mengetahui resiko yang ada.
- b. Mendefinisikan kriteria resiko.
- c. Manajemen resiko.
- d. Mengurangi biaya pengeluaran (*reduce cost*).
- e. Mencapai keselamatan kerja dan lingkungan sesuai dengan kebijakan manajemen.
- f. Mencari alternatif tindakan mitigasi.
- g. *Assessment* resiko untuk suatu *project* baru.
- h. Strategi untuk habis umur dari suatu peralatan.

2.6 Tahapan Pelaksanaan *Assessment* RBI

2.6.1 Penyaringan Awal

Batasan untuk asset fisik yang akan masuk dalam *assessment* harus ditetapkan dan konsisten dengan tujuan secara keseluruhan. Proses pengklasifikasian (*screening*) sangat penting dalam menentukan fokus aset fisik yang penting sehingga diharapkan sumberdaya yang akan dipakai dapat dimanfaatkan secara efektif. Sedangkan untuk ruang lingkup *assessment* RBI dapat sangat beraneka ragam meliputi seluruh pabrik atau dapat juga terfokus pada satu komponen yang terdiri dari satu peralatan^[3].

1. Penyaringan Fasilitas

Pada level fasilitas, RBI dapat diaplikasikan pada semua jenis pabrik misalnya :

- a. Fasilitas produksi minyak dan gas
- b. Terminal *transport* dan proses minyak dan gas
- c. Kilang minyak (*refinery*)
- d. Pabrik kimia dan petrokimia
- e. Pabrik LNG
- f. Stasiun perpipaan

Penyaringan pada tingkat fasilitas dapat dilakukan dengan *assessment* kualitatif RBI yang sederhana. Penyaringan tersebut dapat juga dilakukan berdasarkan :

- a. Nilai Aset atau produk.
- b. Sejarah kegagalan setiap peralatan.
- c. Fasilitas PSM atau non-PSM.
- d. Umur fasilitas.
- e. Tingkat posisi kedekatan dengan publik (komunitas).
- f. Tingkat kedekatan dengan lingkungan yang sensitif dengan pencemaran.

2. Penyaringan Unit Proses

Bila suatu analisa RBI memiliki ruang lingkup yang cukup luas mencakup *multi unit facility*, maka langkah pertama yang harusnya diambil adalah menyaring seluruh unit proses untuk menentukan tingkat resiko relatif. Dengan penyaringan maka akan menunjukkan area utama yang akan menjadi prioritas untuk dilakukan *assessment*. Penentuan prioritas tersebut dapat berdasarkan :

- a. Resiko relatif dari unit proses.
- b. Efek ekonomi dari unit proses.
- c. Konsekuensi kegagalan relatif dari unit proses.
- d. Reliabilitas relatif dari unit proses.
- e. Jadwal perbaikan unit proses.
- f. Pengalan yang dimiliki dari unit yang sama.

3. Penyaringan Jenis Peralatan

Sebagian besar pabrik memiliki persentase yang cukup besar dari total resiko yang dimiliki terkonsentrasi sebahagian kecil persentase jenis peralatan. Jenis peralatan yang memiliki potensial resiko yang tinggi tentunya akan memperoleh perhatian yang lebih besar dalam proses *assessment*. Penyaringan jenis peralatan tersebut dilakukan untuk menentukan jenis peralatan yang akan dianalisa resikonya jauh lebih detail. Berikut ini contohnya :

- a. Perpipaan.
- b. Bejana bertekanan.
- c. Reaktor.
- d. *Heat exchanger*.
- e. Pemanas.
- f. Tanki.
- g. Pompa.
- h. *Compressor*.
- i. *Pressure relief devices*.
- j. *Control valve*.

2.6.2 Batasan Operasi

Batasan operasi untuk studi RBI harus ditetapkan secara konsisten dengan tujuan studi, level dari data yang akan dikaji dan sumberdaya yang dimiliki. Tujuan dari penetapan batasan operasi ini untuk memudahkan dalam mengidentifikasi parameter proses yang menjadi kunci dari kerusakan yang terjadi. *Assessment* RBI normalnya termasuk dalam mengkaji POF dan COF untuk kondisi operasi normal. Namun demikian kondisi *start-up* dan *shut-down* dan kondisi *emergency shut-down* yang tidak rutin harus dikaji efek potensialnya terhadap perubahan POF dan COF. Hal ini sangatlah penting untuk diperhatikan karena pada kondisi-kondisi khusus tersebut unit operasi beserta peralatan yang ada di dalamnya akan beroperasi pada kondisi yang berbeda dengan kondisi normal operasi sehingga berpotensi besar untuk meningkatkan resiko yang akan timbul.

1. Start-Up dan Shut-Down

Kondisi proses selama *shut-down* dan *start-up* akan memiliki efek yang signifikan terhadap resiko di pabrik dimana kondisinya akan semakin buruk dari kondisi normal dan cenderung akan menyebabkan percepatan kerusakan pada peralatan.

2. Normal, Upset dan Oprasi Berulang

Pada kondisi operasi normal dapat sangat mudah diperoleh jika terdapat model aliran proses, atau neraca kesetimbangan massa yang berlaku untuk unit proses atau pabrik. Namun demikian kondisi operasi normal yang terdapat dalam dokumentasi harus diverifikasi karena dikhawatirkan adanya kondisi yang berbeda yang dapat mempengaruhi hasil dari analisa RBI secara substansi.

Berikut ini data yang harus disediakan yaitu :

- a. Tekanan dan suhu operasi termasuk rentang variasinya.
- b. Komposisi fluida proses dan termasuk rentang variasinya.
- c. Laju alir dan rentang variasinya.
- d. Keberadaan *moisture* dan kontaminannya.

Perubahan dalam proses seperti tekanan, suhu atau komposisi fluida dari unit yang abnormal atau kondisi yang upset harus dipertimbangkan dalam *assessment* RBI. Sistem dengan tipe operasi yang bersifat siklus juga harus dikaji karena dapat menyebabkan munculnya kemungkinan kegagalan karena berbagai jenis mekanisme seperti *fatigue* atau *thermal fatigue*.

3. Periode Waktu Operasi

Panjang waktu operasi suatu unit dari unit proses atau alat yang dipilih adalah sebuah batas penting yang harus dipertimbangkan. *Assessment* RBI dapat dilaksanakan untuk seluruh usia operasi atau hanya pada rentang waktu tertentu. Rentang waktu tersebut tentunya akan mempengaruhi jenis dari keputusan yang akan diambil dan tentunya juga berpengaruh pada rencana inspeksi sebagai hasil dari studi misalnya inspeksi, perbaikan, penggantian, pengoperasian dan lain sebagainya. Proyeksi operasional masa depan adalah hal yang sangat penting sebagai dasar untuk periode waktu operasional.

2.6.3 Data dan Informasi untuk *Assessment* RBI

1. Kebutuhan Data

Studi RBI dapat menggunakan pendekatan kualitatif, semi-kuantitatif dan kuantitatif. Perbedaan yang sangat mendasar dari ketiga pendekatan tersebut adalah jumlah data, *detail-input*, perhitungan dan hasil (*output*). Adanya perubahan pada prosedur standar harus didokumentasikan dengan baik. Dokumentasi untuk setiap peralatan yang berbeda dan perpipaan adalah merupakan langkah awal yang baik untuk suatu studi. Berikut ini beberapa data yang pada umumnya sangat dibutuhkan untuk sebuah analisa RBI (namun demikian tidak menutup kemungkinan dibutuhkannya data yang lain demi keakuratan studi):

- a. Jenis dari peralatan.
- b. Material konstruksi.
- c. Laporan inspeksi, perbaikan dan penggantian.
- d. Komposisi fluida.
- e. Inventori fluida.
- f. Kondisi operasi.
- g. Sistem keselamatan.
- h. Sistem Deteksi.
- i. Mekanisme kerusakan, kecepatan dan tingkat keparahan.
- j. Kepadatan orang.
- k. *Coating, cladding* dan data isolasi.
- l. *Business interruption cost*.
- m. *Equipment replacement costs*.
- n. *Environmental remediation costs*.

2. Kualitas Data

Kualitas data memiliki pengaruh secara langsung pada akurasi dari analisa RBI. Walaupun kebutuhan akan data untuk setiap tipe analisa RBI berbeda-beda namun demikian kualitas dari data masukannya adalah sama pentingnya untuk setiap tipe analisa RBI. Ini adalah salah satu keuntungan untuk

integritas analisa RBI dalam menjamin bahwa data yang dimiliki adalah data terbaru dan selalu divalidasi oleh orang yang mengetahui. Ini sesuai dengan berbagai program inspeksi dimana validasi data merupakan hal yang sangat penting. Beberapa jenis kesalahan yang mungkin terjadi antara lain kesalahan dokumentasi dan drawing yang sudah tidak sesuai dengan kondisi aktual, kesalahan inspektor, kesalahan administrator atau kurang akuratnya pengukuran instrument dilapangan. Kemungkinan potensial sumber yang lain dari kesalahan dalam analisa yaitu asumsi riwayat operasi peralatan. Sebagai contoh misalnya dalam perhitungan ketebalan tanki misalnya data tidak didokumentasikan dengan baik maka perhitungan awal akan menggunakan ketebalan orisinil tanki tersebut yang mungkin belum tentu sesuai dengan kondisi sebenarnya maka ini akan memberikan akibat yang sangat signifikan dalam perhitungan laju korosi yang dialami tanki tersebut. Hal ini tentunya akan menutupi laju korosi yang sebenarnya dapat berakibat hasil laju korosi yang diperoleh dari perhitungan lebih besar atau bahkan lebih kecil dari kondisi yang sebenarnya dan ini tentunya akan mempengaruhi perkiraan sisa umur pakai dari tanki tersebut. Tahap validasi ini mendorong kebutuhan untuk membandingkan pengetahuan individu dengan data inspeksi untuk memperkirakan mekanisme kerusakan dan lajunya. Selain itu dapat juga membandingkan hasil tersebut dengan hasil pengukuran yang dilakukan sebelumnya pada sistem tersebut atau pada sistem yang sama. Dalam peninjauan ulang data statistik sangatlah penting dalam menganalisa berbagai faktor seperti perubahan atau upset dalam operasi proses.

2.6.4 Identifikasi Mekanisme Kerusakan

Kegagalan dapat didefinisikan sebagai berakhirnya kemampuan suatu alat untuk beroperasi sesuai dengan fungsinya^[3]. Suatu tipe kegagalan ditentukan dari perilaku kegagalan tersebut. Identifikasi mekanisme kerusakan, kerentanan dan jenis kegagalan untuk setiap alat dalam RBI adalah hal yang sangat penting untuk mencapai kualitas dan keefektifan dalam evaluasi RBI. Data yang digunakan haruslah terdokumentasikan dan tervalidasi dengan baik. Kondisi operasi baik normal maupun upset sebaik mungkin sudah diantisipasi dalam perubahan proses dan harus dipertimbangkan dalam evaluasi. Mekanisme

kerusakan, laju korosi dan kerentanan adalah masukan yang utama dalam evaluasi kemungkinan terjadinya kegagalan. Jenis kegagalan tentunya akan menjadi kunci utama dalam menentukan konsekuensi dari kegagalan tersebut.

1. Mekanisme Kerusakan

Mekanisme kerusakan didefinisikan sebagai jenis kerusakan yang dapat menyebabkan kehilangan kemampuan penahanan suatu alat^[3]. Terdapat empat jenis mekanisme kerusakan yang utama yang sering dijumpai di industri minyak dan gas serta industri kimia yaitu :

- a. *Thinning.*
- b. *Stress corrosion cracking.*
- c. *Metallurgical and environmental.*
- d. *Mechanical.*

a. **Thinning (Penipisan)**

Penipisan termasuk dalam *general corrosion*, *localized corrosion*, *pitting* dan beberapa mekanisme lain yang menyebabkan kehilangan sejumlah material dari permukaan bagian dalam atau luar. Penipisan dapat berpengaruh pada beberapa aspek antara lain:

- a. Ketebalan
- b. Umur peralatan
- c. *Corrosion allowance*
- d. Laju korosi
- e. Tekanan dan suhu Operasi
- f. Tekanan desain
- g. Jumlah dan jenis inspeksi

b. **Stress corrosion cracking**

Stress corrosion cracking (SCC) terjadi ketika suatu peralatan terpapar oleh lingkungan yang mendukung terjadinya mekanisme retak (*cracking*) misalnya seperti *caustic cracking*, *amine cracking*, *sulfide stress cracking (SSC)*, *hydrogen-induced cracking (HIC)*, *stress-oriented*

hydrogen-induced cracking (SOHIC), carbonate cracking, polythionic acid cracking (PTA), and chloride cracking (ClSCC). Kerentanan material terhadap SCC sering dikelompokkan dalam tiga tingkat keparahan yaitu tinggi, sedang dan rendah. Hal ini berdasarkan beberapa aspek antara lain:

- a. Konstruksi material
- b. Mekanisme dan kerentanannya
- c. Tekanan dan suhu operasi
- d. Tingkat konsentrasi beberapa penyebab utama dalam proses korosi seperti pH, Klorida, Sulfida dan lain-lain.
- e. Variabel fabrikasi seperti PWHT (*post weld heat treatment*)

c. *Metalurgical and Environmental*

Penyebab dari kegagalan metalurgi dan lingkungan cukup bervariasi tetapi pada umumnya melibatkan beberapa bentuk kerusakan dari sisi mekanika atau fisika material karena terpapar oleh lingkungan proses. Sebagai contoh serangan hydrogen pada temperatur tinggi (*high temperature hydrogen attack, HTHA*). HTHA terjadi pada baja karbon atau baja paduan yang terpapar pada kondisi tekanan parsial hydrogen tinggi pada temperatur yang tinggi. Ketahanan terhadap HTHA telah diprediksi berdasarkan pengalaman dalam industri yang telah dibuat dalam bentuk plot beberapa seri kurva untuk baja karbon dan baja paduan rendah yang menunjukkan rezim temperatur dan tekanan parsial hydrogen dimana baja mampu bertahan terhadap HTHA tanpa mengalami kerusakan. Kurva tersebut biasanya dikenal sebagai *Nelson curves* yang dibuat berdasarkan pengalaman industri. Pertimbangan kerentanan peralatan terhadap HTHA berdasarkan :

- a. Material penyusunnya.
- b. Temperatur operasi.
- c. Tekanan parsial *hydrogen*.
- d. Lamanya waktu paparan.

d. Mechanical

Tidak jauh berbeda dengan kegagalan karena metalurgi dan lingkungan, kerusakan karena mekanikan dapat disebabkan oleh beberapa jenis kemungkinan penyebab. Hal yang paling umum terjadi dalam mekanisme kerusakan mekanika adalah *fatigue* (mekanis dan temperatur), *stress*, *creep rupture* dan *tensile*.

2. Kegagalan Lain

RBI dapat diperluas untuk mencakup beberapa kegagalan lain yang menyebabkan kehilangan kemampuan penahanan. Berikut ini beberapa jenis kegagalan lain yang dapat terjadi dalam dunia industri:

- a. Kegagalan Pressure relief device* – penyumbatan, kotoran, non-aktifatif.
- b. Kegagalan Heat exchanger bundle* – kebocoran *tube*, penyumbatan.
- c. Kegagalan Pump* – Kegagalan *seal*, Kegagalan *motor*, kerusakan *rotating parts*.
- d. Kegagalan Internal linings* – berlubang, *disbondment*.

2.6.5 Assessment Kemungkinan Kegagalan

1. Pengenalan Kemungkinan Bahaya

Analisa kemungkinan dalam program RBI dilakukan untuk mengestimasi kemungkinan dari kejadian merugikan secara spesifik yang merupakan konsekuensi yang dihasilkan dari sebuah kehilangan kemampuan penahanan yang terjadi karena suatu mekanisme kerusakan^[1]. Kemungkinan bahwa sebuah konsekuensi spesifik akan terjadi adalah hasil dari kemungkinan kegagalan (POF) dan kemungkinan skenario dengan asumsi pertimbangan bahwa kegagalan telah terjadi. Analisa kemungkinan kegagalan harus ditujukan kepada semua mekanisme kerusakan yang rentan terjadi pada peralatan yang dianalisa. Analisa yang dilakukan harus dapat dipercaya, dapat diulangi dan terdokumentasikan dengan baik. Harus diperhatikan bahwa mekanisme

kerusakan bukanlah satu-satunya yang menyebabkan kehilangan kemampuan penahanan. Berikut ini beberapa penyebab lain yang menyebabkan kehilangan kemampuan dari suatu alat yaitu:

- a. Aktivitas seismik.
- b. Cuaca yang ekstrim.
- c. Kelebihan tekanan karena kegagalan pada *pressure relief device*.
- d. Kesalahan operator.
- e. Kesalahan substitusi material penyusun.
- f. Kesalahan desain.
- g. Sabotase.

2. Unit Pengukuran dalam Analisa Kemungkinan Kegagalan

Kemungkinan kegagalan pada umumnya digambarkan dengan frekuensi. Frekuensi menunjukkan jumlah *event* yang terjadi dalam jangka waktu tertentu. Untuk analisa kemungkinan, kerangka waktu pada umumnya digambarkan dalam suatu interval yang tetap (misalnya dalam 1 tahun) dan frekuensi menggambarkan *event* per interval waktu misalnya 0.0002 kegagalan per tahun. Kerangka waktu dapat juga diekspresikan dalam peristiwa (misalnya 1 kali pengoperasian) dan frekuensi akan menjadi jumlah *event* per peristiwa atau kesempatan misalnya 0.02 kegagalan per 1 kali operasi (*running*). Untuk analisa kualitatif, kemungkinan kegagalan dapat dikategorikan menjadi tinggi, sedang dan rendah. Namun demikian dalam kasus inipun sebaiknya mengikutsertakan frekuensi kejadian dengan kategori kemungkinannya untuk memberikan petunjuk yang jelas dalam menentukan kemungkinan.

3. Jenis Analisa Kemungkinan Kegagalan

Terdapat dua jenis pendekatan dalam analisa menentukan kemungkinan kegagalan yaitu pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Namun demikian pada dasarnya kedua pendekatan ini lebih bersifat berkesinambungan dan tidak saling membedakan satu sama lain. Hampir semua *assessment* kemungkinan menggunakan gabungan dari pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif.

a. Analisa kualitatif kemungkinan kegagalan

Sebuah metode kualitatif meliputi identifikasi dari unit, sistem atau peralatan, material penyusun dan komponen korosif dalam suatu proses operasi. Berdasarkan pengetahuan dari riwayat operasi, inspeksi masa depan dan rencana pemeliharaan serta kemungkinan kerusakan material, kemungkinan kegagalan dapat dianalisa secara terpisah untuk setiap unit, sistem dan peralatan. Kategori kemungkinan kegagalan dapat diberikan untuk setiap unit, sistem dan peralatan. Tergantung pada metodologi yang dijalankan, setiap kategori dapat digambarkan dengan kualitatif yaitu tinggi, sedang dan rendah atau dapat juga dengan menggunakan gambaran angka misalnya 0.1 sampai 0.01 kali per tahun.

b. Analisa kuantitatif kemungkinan kegagalan

Terdapat beberapa pendekatan suatu analisa kemungkinan kualitatif. Sebagai contoh dalam hal pendekatan kemungkinan ketika suatu data kegagalan spesifik digunakan untuk menghitung kemungkinan kegagalan. Kemungkinan ini dapat digambarkan sebagai distribusi dari pada suatu nilai penentuan tersendiri. Pendekatan yang lain digunakan ketika data kegagalan yang tidak akurat muncul pada jenis peralatan yang dianalisa. Dalam kasus ini data kegagalan industri, perusahaan, manufaktur umumnya digunakan. Suatu metodologi harus diaplikasikan untuk menganalisa pemakaian data umum tersebut. Semestinya data kegagalan tersebut diatur dan dibuat khusus untuk peralatan yang sedang dianalisa dengan menaikkan atau menurunkan prediksi frekuensi kegagalan yang diberikan pada peralatan berdasarkan informasi spesifik dari alat tersebut. Dalam hal ini data kegagalan umum digunakan untuk menghasilkan frekuensi kegagalan yang disesuaikan dengan peralatan dengan kondisi khusus.

2.6.6 Assessment Konsekuensi Kegagalan

1. Pendahuluan Analisa konsekuensi

Analisa konsekuensi dalam program RBI akan memberikan perbedaan setiap jenis peralatan berdasarkan besarnya pengaruh dari potensial kegagalan yang mungkin terjadi^[3]. Analisa konsekuensi kegagalan adalah bantuan dalam menetapkan tingkat resiko relatif dari setiap jenis peralatan. Analisa konsekuensi kegagalan seharusnya dapat dilakukan berulang, disederhanakan, terpercaya dalam mengestimasi sesuatu yang terjadi jika suatu jenis peralatan yang sedang dianalisa mengalami kegagalan. Metode Analisa konsekuensi kegagalan yang dipilih harus menunjukkan kemampuan untuk menyediakan tingkat yang diinginkan dalam membedakan antara level yang lebih tinggi dan yang lebih rendah dari konsekuensi suatu peralatan bila mengalami kegagalan.

a. Kehilangan kemampuan penahanan

Konsekuensi dari kehilangan kemampuan penahanan secara umum dievaluasi sebagai hilangnya sejumlah fluida ke lingkungan luar dari proses^[1]. Pengaruh konsekuensi dari kehilangan kemampuan penahanan secara umum dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Pengaruh keselamatan dan kesehatan.
- Pengaruh terhadap lingkungan.
- Kehilangan produksi.
- Biaya perbaikan dan pembuatan.

b. Kegagalan fungsi lain

Berikut ini beberapa kegagalan fungsi yang mungkin terjadi dalam dunia industri :

- Kegagalan fungsi atau mekanikan dari komponen internal suatu peralatan bertekanan (misalnya *column trays, demister mats, coalescer elements, distribution hardware*).
- Kegagalan tubing *Heat exchanger* (misalnya adanya kebocoran dari bagian yang bertekanan tinggi ke bagian yang bertekanan rendah yang menyebabkan kehilangan kemampuan penahanan dari *heat exchanger* tersebut).

- Kegagalan pada *pressure relief device*.
- Kegagalan pada *rotating equipment* (misalnya kebocoran seal atau kerusakan impeller).

Kegagalan fungsi tersebut biasanya tertanggulangi dalam program *reliability centered maintenance* (RCM).

2. Jenis Analisa Konsekuensi Kegagalan

Jenis analisa konsekuensi kegagalan yaitu secara kualitatif dan secara kuantitatif. Namun demikian kedua pendekatan tersebut tidak saling membedakan satu sama lain melainkan saling berkesinambungan.

a. Analisa konsekuensi kegagalan secara kualitatif

Metode kualitatif meliputi identifikasi dari unit, sistem dari peralatan dan bahaya yang timbul sebagai hasil dari kondisi operasi dan fluida proses. Berdasarkan pengetahuan dan pengalaman, konsekuensi dari kegagalan (berupa efek keselamatan, kesehatan, lingkungan dan ekonomi) dapat diestimasi secara terpisah untuk masing-masing unit, sistem dan peralatan. Untuk metode kualitatif, kategori konsekuensi yang diberikan kepada unit, sistem dan peralatan pada umumnya digambarkan dalam bentuk huruf "A" sampai "E" atau dalam kata misalnya tinggi, sedang dan rendah. Hal ini dapat lebih tepat bila diikuti dengan nilai angka misalnya jumlah kerugian ekonomi untuk setiap kategori konsekuensi.

b. Analisa konsekuensi kegagalan secara kuantitatif

Metode kuantitatif meliputi penggunaan model logika yang menggambarkan kombinasi dari kejadian untuk mewakili seberapa besar pengaruh kegagalan kepada manusia, *property*, bisnis dan lingkungan^[3]. Model kuantitatif umumnya terdiri satu atau lebih standar skenario kegagalan dan menghitung konsekuensi kegagalan berdasarkan :

- Jenis fluida proses dalam peralatan.
- Kondisi fasa fluida proses dalam peralatan (padat, cair atau gas).

- Sifat utama dari fluida proses (*molecular weight, boiling point, autoignition temperature, ignition energy, density* dan lain-lain).
- Variabel operasi proses seperti tekanan dan suhu.
- Jumlah berat atau volume yang mampu ditampung bila terjadi kebocoran.
- Jenis kegagalan dan besarnya kebocoran yang ditimbulkan.
- Kondisi fluida setelah terlepas ke atmosfer (padat, cair atau gas).

Hasil dari analisa kuantitatif biasanya selalu berupa angka.

3. Unit Pengukuran dalam Analisa Konsekuensi

Perbedaan tipe konsekuensi suatu kegagalan dapat digambarkan secara baik dengan pengukuran yang berbeda pula. Pada dasarnya suatu bahaya akan muncul dengan berbagai sifat yang berbeda oleh karena itu diperlukan untuk memilih unit pengukuran yang tepat. Namun demikian resultan dari konsekuensi harus dibandingkan sebanyak mungkin untuk prioritas resiko berikutnya. Berikut ini beberapa unit pengukuran yang digunakan dalam *assessment* RBI :

a. Keselamatan

Konsekuensi keselamatan seringkali digambarkan dengan nilai atau karakter dengan kategori konsekuensi yang terikat dengan tingkat keparahan dari potensi bahaya atau cedera yang terjadi dari *event* yang tidak diinginkan.

b. Biaya

Biaya secara umum biasanya dijadikan indikator potensi konsekuensi.

Jenis kerugian biaya dapat berupa :

- Kehilangan kesempatan berproduksi karena shut-down.
- Kehilangan produk.
- Kerusakan kualitas produk.
- Biaya penggantian atau perbaikan peralatan yang mengalami kerusakan.
- Kerusakan *property* di lapangan.
- Kehilangan pasar.

c. Daerah yang terpengaruh

Area yang terpengaruh juga digunakan untuk menggambarkan potensi konsekuensi dari suatu *assessment* resiko lapangan. Daerah yang terpengaruh mewakili sejumlah area permukaan yang terekspose bahan beracun, radiasi panas atau ledakan kelebihan tekanan yang nilainya lebih besar dari batas baku mutu yang ditentukan sebelumnya.

d. Kerusakan lingkungan

Parameter umum yang digunakan merupakan pengukuran secara tidak langsung untuk mengetahui tingkat kerusakan lingkungan antara lain yaitu :

- Luas dari lingkungan yang terpengaruh pertahun.
- Panjang garis pantai yang terpengaruh.
- Jumlah mahluk hidup atau manusia yang tepapar.

Terntunya setiap kerusakan lingkungan akan menyebabkan kerugian biaya pertahunnya yang digunakan untuk memperbaiki sumberdaya lingkungan yang rusak.

2.6.7 Penentuan, *Assessment* dan Pengaturan Resiko

1. Penentuan Kemungkinan dari Sebuah Konsekuensi yang Spesifik

Ketika suatu kemungkinan kegagalan dan jenis kegagalannya sudah ditentukan sesuai dengan beberapa mekanisme kerusakannya yang berhubungan, kemungkinan dari setiap konsekuensi yang memungkinkan harus ditentukan juga.

Dengan kata lain bahwa kegagalan dalam fungsi penahanan (penampungan) adalah kejadian pertama dari suatu rangkaian kejadian yang mengarahkan pada suatu konsekuensi spesifik. Kemungkinan dari setiap kejadian dalam suatu rangkaian kejadian akan dimasukkan kedalam faktor kemungkinan terjadinya konsekuensi spesifik.

Sangat penting untuk mengerti hubungan antara kemungkinan kegagalan dan peluang yang memungkinkan terjadinya insiden. Kemungkinan dari suatu

konsekuensi spesifik terkait dengan tingkat keparahan dari konsekuensi dan dapat berbeda dari kemungkinan kegagalan peralatan itu sendiri. Tingkat kemungkinan suatu kejadian selalu berbanding terbalik dengan tingkat keparahan dari insiden tersebut. Sebagai contoh kejadian yang menyebabkan fatal umumnya akan lebih sedikit dibandingkan dengan kemungkinan kejadian yang mengakibatkan perlunya pertolongan pertama atau perawatan medis biasa.

2. Perhitungan Resiko

Mengacu kembali pada persamaan matematis resiko :

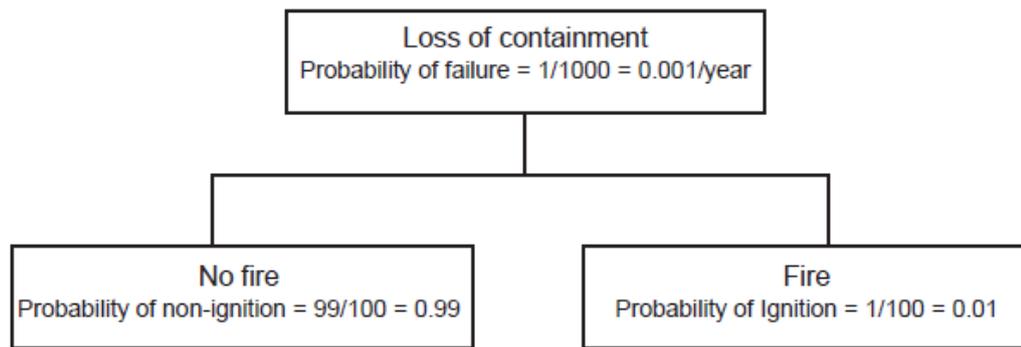
$$\text{Resiko} = \text{kemungkinan} \times \text{konsekuensi} \quad (2.2)$$

Sehingga dengan persamaan yang sama dapat kita gunakan untuk menentukan resiko spesifik, yaitu :

$$\text{Resiko konsekuensi spesifik} = \text{Kemungkinan dari konsekuensi spesifik} \times \text{Konsekuensi spesifik} \quad (2.3)$$

Resiko total adalah penjumlahan dari setiap konsekuensi spesifik^[1]. Seringkali suatu pasangan kemungkinan dan konsekuensi akan menjadi dominan dan resiko total dapat dilakukan pendekatan dari resiko dari skenario dominan.

Jika suatu kemungkinan dan konsekuensi tidak digambarkan dalam bentuk jumlah angka, resiko biasanya ditentukan plot kemungkinan dan konsekuensi pada matriks resiko (*risk matrix*). Sesuatu yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan yang akan diplot adalah kemungkinan yang menyebabkan terjadinya konsekuensi bukan kemungkinan terjadinya kegagalan.



Gambar 2.5. Contoh Pohon Kejadian^[3]

3. Penyajian Resiko

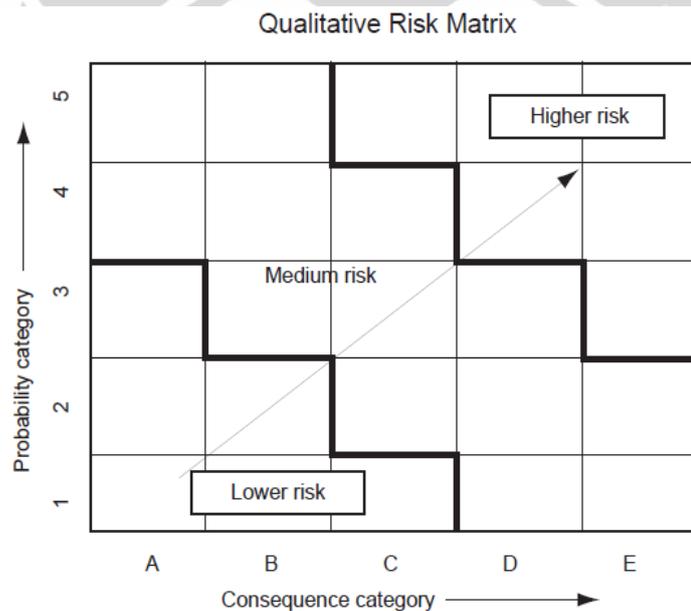
Ketika suatu nilai resiko diperoleh maka dapat ditampilkan dalam beberapa cara untuk mengkomunikasikan hasil analisa kepada para pembuat keputusan dan penentu rencana inspeksi. Beberapa metode yang digunakan untuk menyajikan nilai resiko antara lain matriks resiko dan plot resiko. Kedua metode tersebut sangat membantu untuk mencapai tujuan penyajian nilai resiko.

a. Matriks resiko

Untuk metode *ranking* resiko yang menggunakan kategori konsekuensi dan kemungkinan, penyajian hasil analisa dengan menggunakan matriks resiko adalah sangat efektif untuk mengkomunikasikan distribusi resiko melalui suatu proses tanpa menggunakan nilai angka^[1]. Sebuah contoh matriks resiko ditunjukkan pada gambar 6. Pada gambar tersebut konsekuensi dan kemungkinan disusun dimana resiko tingkat tertinggi terdapat pada bagian atas sudut sebelah kanan. Pada umumnya suatu nilai dapat diikuti sertakan dalam pengelompokkan kategori. Hal ini ditujukan untuk memudahkan dalam proses *assessment* resiko. Ukuran matriks yang berbeda dapat digunakan, misalnya dapat berupa matriks 4 x 4 tau matriks 5 x 5. Tanpa memperhatikan ukuran matriks yang dipilih, kategori konsekuensi dan kemungkinan harus dapat dibedakan dengan baik diantara setiap item yang di-*assessment*. Setiap resiko dikategorikan dalam matriks secara kualitatif yaitu berupa rendah, sedang dan tinggi.

b. Plot resiko

Ketika sebuah konsekuensi lebih kuantitatif dan menggunakan data probabilitas (kemungkinan) dan ketika nilai resiko dalam angka lebih berarti bagi semua pihak yang berkepentingan maka dapat digunakan plot resiko. Grafik ini dibuat hampir sama dengan matriks resiko dimana resiko dengan urutan yang tertinggi di-plot pada sudut atas sebelah kanan. Kadangkala plot resiko digambarkan dengan skala log-log untuk mempermudah pengertian terhadap resiko relatif dari setiap item yang di *assessment*. Dalam plot resiko terdapat garis *iso-risk* (garis resiko konstant). Garis *iso-risk* memberikan batasan dimana nilai suatu resiko masih dapat diterima. Bila suatu item berada diatas garis *iso-risk* maka perlu dilakukan tindakan mitigasi untuk menurunkan nilai resiko sehingga berada di bawah garis *iso-risk* dan masuk dalam level resiko yang masih dapat diterima^[3].

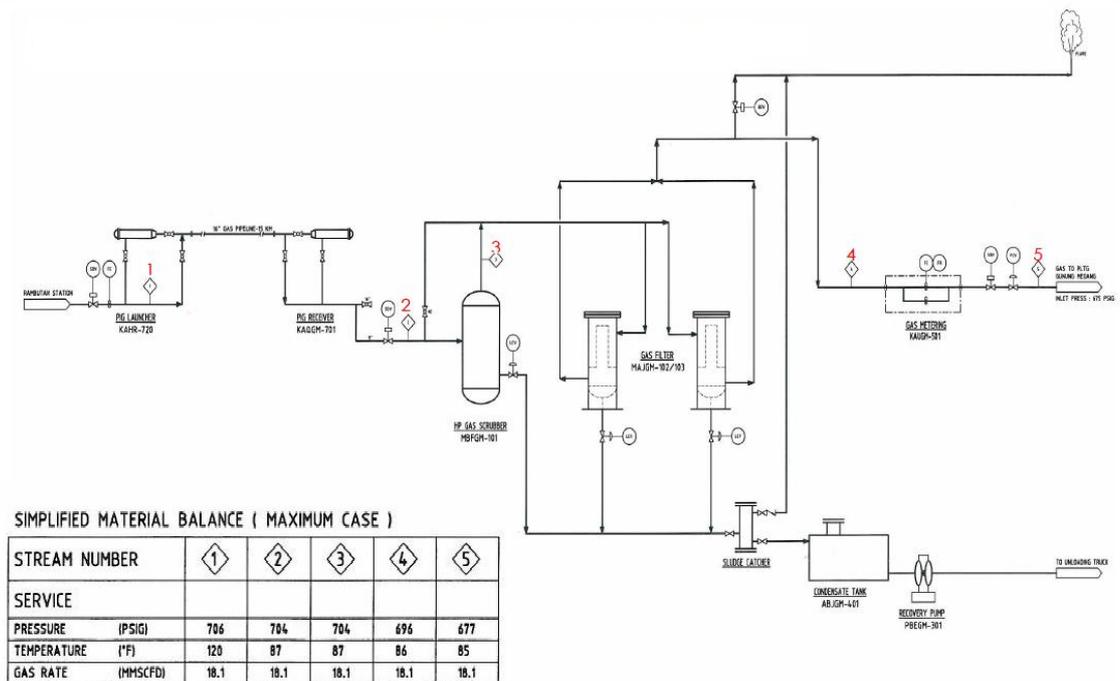


Gambar 2.6. Contoh Matiks Renking Resiko^[3]

2.7 Sistem Produksi Stasiun Pengolahan Gas

Stasiun pengolahan gas ini berfungsi untuk mengolah gas yang dihasilkan dari sumur gas sehingga kualitasnya sesuai dengan kebutuhan pasar. Kualitas yang menjadi perhatian penting pada stasiun ini yaitu tingkat kekeringan gas yang dipengaruhi oleh kandungan cairan atau *moisture* dalam

gas dan tekanan yang harus mencapai minimal standar kebutuhan konsumen. Berdasarkan hal tersebut maka fungsi utama peralatan dalam stasiun ini yaitu untuk mengurangi kandungan cairan atau *moisture* dalam gas tentunya dengan kontrol tekanan yang sesuai. Berikut ini diagram alir proses Stasiun pengolahan gas Y pada PT. X yang berfungsi sebagai stasiun pengolahan gas terakhir sebelum ke PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas):



Gambar 2.7. Diagram Alir Proses Stasiun Pengolahan Gas & *Material Balance*

Berdasarkan diagram diatas dapat diketahui peralatan-peralatan yang mendukung proses pengolahan gas dalam Stasiun pengolahan gas Y yaitu antara lain:

a. *Pig Launcher* dan *Pig Receiver*

Pig Launcher dan *Pig Receiver* merupakan alat pendukung dalam suatu rangkaian operasi *pipe line* yang sangat berperan penting dalam usaha pemeliharaan *pipe line*. Dalam usaha pemeliharaan pipa terdapat suatu prosedur pembersihan pipa dan monitoring kondisi pipa. Prosedur tersebut disebut *pigging* yaitu dengan meluncurkan suatu alat dari suatu titik ke titik yang lain. Alat tersebut dapat berupa spons yang berfungsi untuk membersihkan bagian dalam pipa atau dapat berupa juga suatu alat yang dapat merekam berbagai

informasi dari dalam pipa yang berhubungan dengan kondisi pipa atau biasa dikenal dengan sebutan *intelligent pig*. *Pig launcher* berfungsi untuk meluncurkan pig sedangkan *pig receiver* berfungsi menerima pig yang diluncurkan dari suatu tempat yang berbeda.

b. *HP Gas Scrubber*

HP gas scrubber merupakan salah satu jenis separator yang berfungsi untuk memisahkan antara gas dan cairan. Pada peralatan ini fluida dominan yang akan mengalir yaitu gas dimana debitnya mencapai 150 MMSCFD dan tekanan mencapai 775 psia. Pada *scrubber* fluida cairan dan gas akan dipisahkan berdasarkan gravitasi dimana gas yang memiliki masa jenis yang lebih rendah akan mengalir ke bagian atas dari *scrubber* sedangkan cairan akan terakumulasi pada bagian bawah *scrubber* dan akan dialirkan secara kontinyu untuk menjaga level cairan *scrubber* stabil.

c. *Gas filter*

Gas filter berfungsi untuk menyaring mist atau partikel air yang terbawa dari keluaran *scrubber* dengan tujuan agar gas yang menuju konsumen sudah bersifat kering sesuai dengan sarat permintaan konsumen. *Gas filter* pada umumnya menggunakan screen yang berfungsi menyaring dan menggabungkan partikel cairan yang sangat kecil sehingga lebih mudah dipisahkan.

d. *Gas Metering*

Setelah kualitas gas yang diproses sudah memenuhi batas minimal kebutuhan pasar maka aliran gas akan melewati *gas metering*. Fasilitas ini berfungsi untuk mengukur laju alir dan jumlah gas yang mengalir menuju konsumen. Pada gas metering aliran gas diukur dengan menggunakan *flow meter*. Pada umumnya *flow meter* yang digunakan adalah jenis turbin meter. Dimana prinsip kerja alat ini yaitu aliran gas akan melewati komponen berupa turbin yang

berputar. Hasil putaran dari komponen turbin tersebut akan dikonversi sehingga dapat memberikan indikasi laju alir dan jumlah gas yang melewati *flow meter* tersebut. Selain *flow meter*, gas metering juga dilengkapi dengan fasilitas kalibrasi *flow meter* gas sehingga dapat digunakan untuk memeriksa dan memastikan *flow meter* masih berfungsi dengan baik dimana indikasi yang ditunjukkan *flow meter* sesuai dengan kondisi sebenarnya aliran gas.

e. *Flare*

Flare merupakan alat yang digunakan untuk membakar kelebihan gas yang ada pada sistem stasiun pengolahan gas. Hal ini bertujuan agar gas yang dilepaskan ke lingkungan relatif tidak berbahaya. Pembakaran gas pada *flare* akan menghasilkan gas CO₂ dan uap H₂O sehingga relatif lebih aman untuk lingkungan. *Flare* biasanya berupa cerobong dan memiliki pilot *flare* berupa line pipa yang lebih kecil dimana gas akan selalu mengalir untuk menjaga agar api pada *flare* hidup sehingga setiap gas yang akan dibuang dipastikan terbakar. Masukan *Line flare* merupakan keluaran dari *scrubber* dimana tekanan akan dijaga dengan menggunakan *pressure control valve* sehingga bila terdapat tekanan berlebihan pada line utama proses akan dibuang ke *flare* melalui *pressure control valve* dan bila tekanan sudah tercapai maka *pressure control valve* akan tertutup untuk menjaga tekanan pada line utama stabil.

f. *Sludge catcher*

Sludge catcher berfungsi untuk memisahkan padatan atau *sludge* pada cairan keluaran dari *scrubber*. Prinsip kerja *sludge catcher* yaitu dengan settling atau pengendapan dimana padatan atau *sludge* yang memiliki massa jenis yang lebih berat akan terendapkan dan terakumulasi pada bagian dasar tanki *sludge catcher* sedangkan cairan akan tumpah pada bagian atas dari *sludge catcher* menuju tanki penampung kondensat.

g. *Condensat Tank*

Condensat tank merupakan tangki penampung kondensat dari gas yang terkondensasi dari pada scrubber karena penurunan tekanan dan temperatur. Dengan adanya *condensate tank* juga berfungsi agar *suction recovery pump* lebih stabil dan mencegah adanya gas yang masuk ke *suction* pompa yang menyebabkan pompa kavitasi.

h. *Recovery Pump*

Recovery pump berfungsi untuk memompakan *condensate* dari *condensate tank* menuju ke mobil tanki yang kemudian akhirnya akan di-*recover*. Hal penting yang harus diperhatikan dalam operasi pompa yaitu proses kavitasi dimana gas masuk ke *suction* atau ke *casing* pompa yang kemudian akan berbenturan dengan *impeller* pompa. Kavitasi menyebabkan turunnya performa kinerja pompa atau mengakibatkan kerusakan pompa itu sendiri.