

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metodologi dan Prosedur Umum**

Tugas dari contoh perkiraan dan simulasi resiko adalah:

1. Mengumpulkan dan meninjau laporan inspeksi secara periodik:

- Mengumpulkan dan meninjau laporan pemeliharaan secara historis
- Mengumpulkan dan meninjau kerusakan operasi dan pemeliharaan secara historis
- Mengumpulkan dan meninjau kegagalan operasi dan pemeliharaan secara historis
- Mengumpulkan dan meninjau kecelakaan operasi dan pemeliharaan secara historis
- Mengumpulkan dan meninjau dokumen kesalahan tindakan manusia secara historis
- Mengumpulkan dan meninjau dokumen patroli inspeksi jaringan pipa secara historis

2. Model dan simulasi resiko menggunakan piranti lunak Crystal Ball:

- Menyiapkan konsep model resiko
- Memikirkan konsep model resiko
- Menggunakan data untuk studi kasus berdasarkan survey dan diskusi
- Menyelesaikan model resiko
- Simulasi

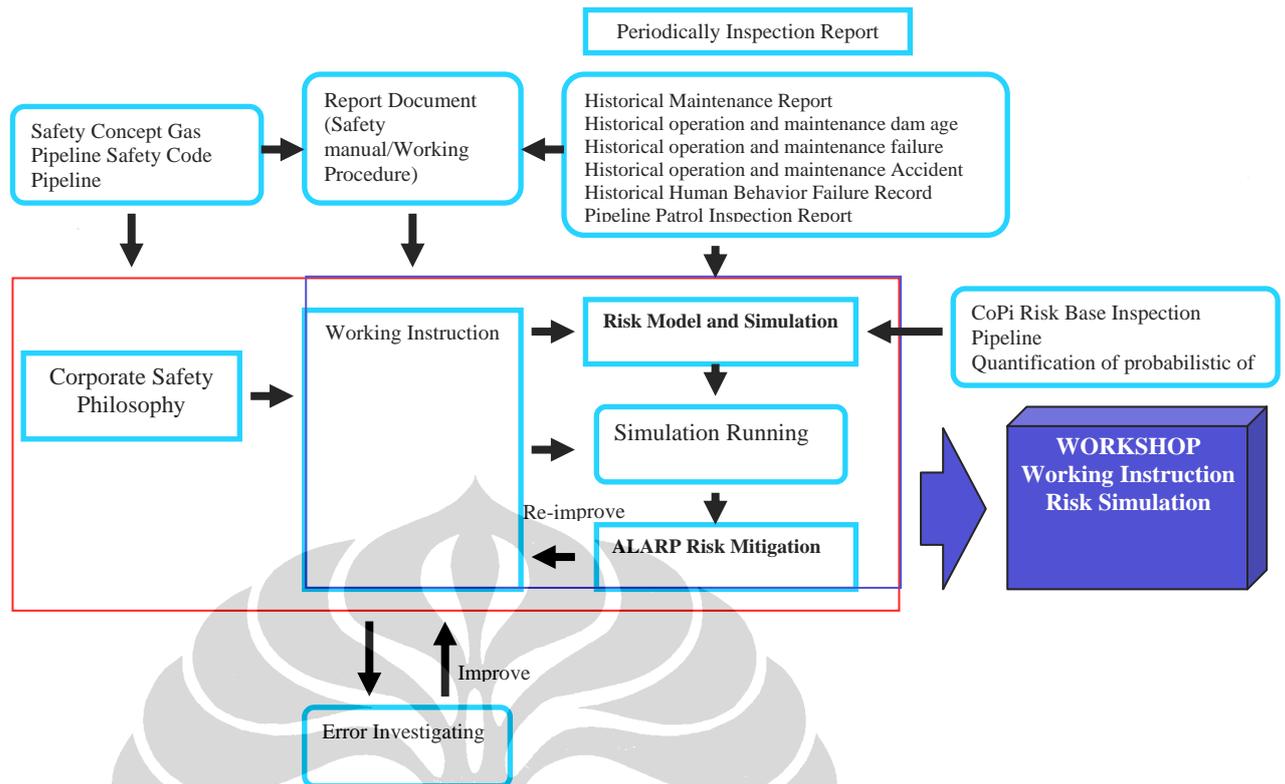
3. Pengumpulan Data

Sebelum memulai model dan simulasi perkiraan resiko, diperlukan pengumpulan beberapa informasi pipa penyalur antara lain : (segmen jaringan perpipaan termasuk panjang, diameter, ketebalan, material konstruksi, tahun pemasangan, tekanan gas, komposisi gas, laju alir dan parameter kondisi khusus)

Berikut ini merupakan data yang dibutuhkan sebelum dilakukannya permodelan dan simulasi analisis potensi bahaya/resiko pada setiap segmen pipa:

- Laporan pemeliharaan secara historis termasuk di dalamnya informasi titik-titik kebocoran di masa lalu seperti lokasi atau daerah dan kawasan termasuk nama desa, segmen jaringan perpipaan, tahun kejadian, dan penyebab kebocoran, tahun instalasi/usia jaringan perpipaan, pemakaian *coating*, tekanan operasi maksimal, tekanan operasi maksimal yang dibolehkan, tekanan gas supply, ketebalan, diameter, material konstruksi dan kelas material, faktor desain, dan tipe perlindungan katode yang digunakan, keberadaan kebocoran lain yang mendekati dari titik awal kebocoran, tingkat aktivitas penggalian di sekitar area, tipe dan jumlah susunan bahan logam bawah tanah lainnya yang dekat area kebocoran.
- Jika dibutuhkan dan memungkinkan, laporan kerusakan dan pemeliharaan secara historis, laporan kegagalan dan kecelakaan serta laporan kesalahan tindakan manusia.
- Contoh bagian dari hasil pengukuran, jika memungkinkan, seperti pipa tekanan tinggi yang paling lama; pipa tekanan menengah yang paling lama; pipa tekanan rendah yang paling lama; pipa baja, pipa cast iron, pipa PE dan pipa lainnya jika ada; perlintasan rel, kawasan padat (kawasan yang pipa baja/cast iron berdekatan dengan susunan bahan logam bawah tanah lainnya); dan perlintasan jalan raya dan sungai di setiap daerah yang terdekat ke kantor daerah (lengkap dengan lokasi dan nama desa) untuk menghasilkan verifikasi dan evaluasi insitu bahaya dan juga tujuan pekerjaan analisis resiko.

Seluruh pekerjaan model dan simulasi prediksi resiko dapat dijelaskan dengan skema berikut ini:



Gambar 3.1 Metode permodelan dan simulasi prediksi resiko

Prediksi sederhana nilai resiko secara semi kuantitatif jaringan perpipaan minyak dan gas bumi yang kami usulkan didasarkan pada perhitungan probabilitas berdasarkan perhitungan Monte Carlo menggunakan piranti lunak sederhana penghitungan probabilitas ketidakpastian **Crystal Ball® 7.2.2 Version**. Simulasi perhitungan Monte Carlo menggunakan model yang dikembangkan dalam bentuk *spreadsheet* (lajur dan kolom). Berdasarkan jenisnya simulasi Monte Carlo dibagi menjadi tiga jenis, yaitu probabilistik, discrete dan descriptive. Deterministik : semua data dianggap diketahui pada sebuah nilai tetap. Contoh : menghitung besar deposito dengan asumsi suku bunga tetap sepanjang tahun. Probabilistik : terdapat beberapa data yang digambarkan melalui distribusi probabilita. Contoh : ketidakpastian suku bunga diperhitungkan untuk menghitung deposito di akhir tahun. Continous : terdapat variabel yang berubah seiring dengan perubahan waktu. Contoh : perubahan temperature dan tekanan sebuah proses kimia. Discrete : variabel tidak berubah atau berubah pada titik waktu tertentu saja. Contoh : waktu

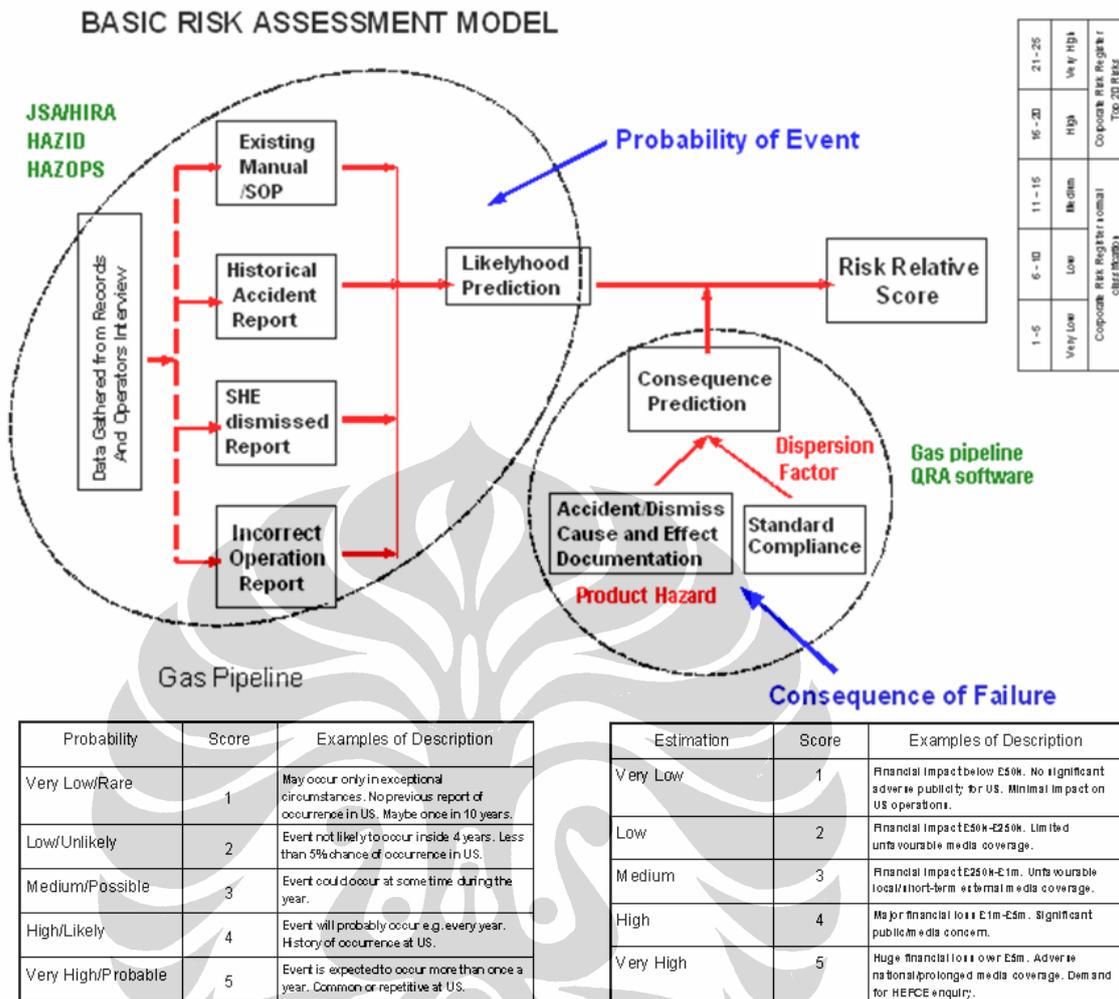
kedatangan, hasil penjualan tiap minggu, jam pembukaan toko. Prescriptive : hasil pemodelan terdapat hubungan kondisi atau persyaratan. Contoh : bila nilai  $x > 10$  maka dihitung dengan rumus A selainnya dihitung dengan rumus B. Descriptive : hasil pemodelan bergantung pada variabel dan unsur ketidakpastian

Perhitungan simulasi Monte Carlo menggunakan simplifikasi persamaan kalkulasi resiko seperti pernyataan matematis berikut:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^m \left( \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot C}{n} \right)_j}{m} \quad (3.1)$$

Disini,  $F_i$  didefinisikan sebagai nilai kuantitatif dari frekuensi kemungkinan suatu kecelakaan yang digambarkan sebagai sebaran nilai ketidakpastian yang dinyatakan dalam distribusi probabilitas (*probability distribution*).  $C$  merupakan nilai kuantitatif dari konsekuensi suatu kecelakaan yang terjadi dan didefinisikan sebagai nilai penentu (*decision value*).

Simplifikasi kalkulasi diatas didasarkan pendekatan konseptual resiko yang didefinisikan sebagai: “hasil multiplikasi nilai probabilitas dan konsekuensi dari suatu kejadian - *The product of the frequency with which an event is anticipated to occur and the consequence of the event outcome*”. Penjabaran secara sederhana terkait dengan model kajian resiko jaringan perpipaan digambarkan seperti ilustrasi berikut:



Gambar 3.2 Metode Penilaian Resiko Jaringan Perpipaan Gas Sebagai Alat Untuk Analisis Resiko Jika Disusun Berdasarkan Prioritas Resiko

Dari penggambaran ilustrasi diatas, terlihat kriteria penilaian sebaran probabilitas dan konsekuensi berupa tampilan data hasil pengamatan kondisi riil jaringan perpipaan yang sedang dilakukan kajian tingkat resikonya.

Terkait dengan kajian resiko jaringan perpipaan gas sepanjang 13 km Pangkalan Brandan- Pangkalan Susu di daerah Sumatera Utara, digunakan pendekatan berdasarkan kriteria inspeksi perpipaan RBI (*Risk Base Inspection*) yang dikembangkan oleh *Conoco Philips* Indonesia yang dituangkan dalam dokumen OPR-OM-PR-00048 rev.0 tertanggal 22 Februari 2006. Kriteria yang dipaparkan dalam dokumen tersebut mencakup nilai distribusi probabilitas

(*likelihood*) dan konsekuensi yang mungkin terjadi apabila kecelakaan terjadi berdasarkan kondisi perpipaan maupun jenis berikut kondisi operasi fluida yang dialirkan dalam jaringan perpipaan tersebut.

### 3.2 Kriteria Kajian Resiko

Kriteria kajian resiko perpipaan secara sederhana diterjemahkan dalam bahasa Indonesia menjadi dua, yaitu nilai probabilitas secara kualitatif dan nilai konsekuensi secara kualitatif.

#### 3.2.1 Nilai Probabilitas Secara Kualitatif

Faktor probabilitas suatu kecelakaan meliputi beberapa hal yakni: korosi, operasi, gangguan pihak lain (*third party*) dan catatan historis kebocoran ditentukan dengan penjumlahan dari faktor masing-masing yang dibagi dengan faktor yang telah disetarakan berdasarkan persetujuan yang disepakati oleh para pihak dalam hal ini operator fasilitas. Faktor yang disetarakan digunakan untuk memastikan probabilitas tetap berada dalam rentang estimasi probabilitas yakni untuk matriks resiko 5 x 5 seperti yang berlaku di Conoco Philips Indonesia berkisar dari 1 hingga 5.

Faktor- faktor probabilitas terkait korosi, operasi, gangguan pihak lain dan catatan historis kebocoran instalasi perpipaan tersebut diatas dijabarkan sebagai berikut:

##### 3.2.1.1 Inspeksi Korosi

Pada pengawasan pemeliharaan pipa dimana dilakukan pencegahan maupun perawatan terhadap faktor-faktor yang dapat menyebabkan korosi yang dinyatakan seperti pada tabel-tabel dibawah ini:

1. Tabel inspeksi eksternal berisi kriteria-kriteria terhadap inspeksi eksternal yang dilakukan pada pipa. Sasaran pada kriteria ini ditekankan pada intensitas survei inspeksi.

Tabel 3.1 Kriteria inspeksi eksternal

Kriteria	Nilai
Survei rutin secara langsung. Patroli udara dan inspeksi GVI di lakukan lebih dari 1 tahun sekali pada seluruh panjang pipa. Hasil perkiraan dan aksi perbaikan diperlukan.	1
Survei langsung dan ispeksi GVI di lakukan diantara 2 hingga 5 tahun terakhir pada seluruh panjang pipa. Hasil perkiraan dan aksi perbaikan diperlukan.	2
Survei langsung dan ispeksi GVI di lakukan diantara 2 hingga 5 tahun terakhir pada sebagian panjang pipa. Hasil perkiraan dan aksi perbaikan diperlukan.	3
Survei external tidak dilakukan pada seluruh panjang pipa dan dilakukan pada 5 tahun terakhir.	4
Tidak ada external survei yang telah dilakukan.	5

GVI: *General Visual Inspection*

2. Tabel Pengaruh umur pipa berisi kriteria pipa berdasarkan umur pemasangan dilapangan, sehingga dapat diperkirakan resiko yang terjadi dari kondisi tersebut.

Tabel 3.2 Kriteria pengaruh umur pipa

Kriteria	Nilai
Pipa dipasang pada standar terbaru pada 2 tahun terakhir	1
Pipa dipasang pada standar terbaru pada 5 tahun terakhir	2
Pipa telah beroperasi pada > 50% < 80% dari umur pipa. Bila umur pipa tidak diketahui maka pipa telah beroperasi kurang dari 10 tahun	3
Pipa telah beroperasi pada > 80% dari umur pipa. Bila umur pipa tidak diketahui maka pipa telah beroperasi dari 10 hingga 15 tahun	4
Pipa telah melebihi dari umur desain dan tidak dilakukan teknik re-lifing. Bila umur desain tidak diketahui maka pipa telah berperasi lebih dari 15 tahun	5

3. Tabel Pembacaan proteksi katodik berisikan kriteria mengenai hasil pembacaan proteksi katodik. Dari hasil tersebut dapat diperkirakan resiko yang terjadi berdasarkan nilai yang ditentukan.

Tabel 3.3 Kriteria pembacaan proteksi katodik

<b>Kriteria</b>	<b>Nilai</b>
Hasil pembacaan CP mengindikasikan adanya perlindungan (hasil pembacaan menunjukkan lebih negatif dari kriteria perlindungan)	1
Hasil pembacaan CP mengindikasikan perlindungan tipis (hasil pembacaan menunjukkan kesalahan untuk perlindungan dimana kriteria perlindungan kurang dari 850 mV).	3
Hasil pembacaan CP menunjukkan tidak ada perlindungan (hasil pembacaan menunjukkan kesalahan untuk perlindungan dimana kriteria perlindungan lebih dari 850 mV). Bila tidak ada survei CP maka ini adalah nilai kegagalan.	5

CP: *Cathodic Protection*

4. Tabel terkait kriteria untuk status survei yang dilakukan dalam perawatan pipa dengan proteksi katodik.

Tabel 3.4 Kriteria *Cathodic Protection Survey Status* (Status Proteksi Katodik Survei)

<b>Kriteria</b>	<b>Nilai</b>
Survei penuh CP (CIPS) yang dilakukan pada tahun terakhir.	1
Survei penuh CP (CIPS) yang dilakukan pada 2 hingga 5 tahun terakhir.	2
Survei sebagian CP ( pengukuran dari pangkal) survei dilakukan antara 2 hingga 5 tahun terakhir	3
Survei CP dilakukan tidak berkelanjutan > 5 tahun	4
CP tidak disurvei	5

5. Tabel terkait kriteria mengenai tingkat gangguan terhadap proteksi katodik yang dipasang pada pipa.

Tabel 3.5 Kriteria gangguan katodik

Kriteria	Nilai
Tidak diketahui gangguannya.	1
Diketahui gangguan dan telah sukses di kurangi	2
Dekat dengan jalur listrik	3
Diketahui gangguan	4
Diketahui gangguan dan dekat dengan jalur listrik	5

6. Tabel terkait kriteria mengenai kondisi sekitar jalur pipa terhadap pengaruh keberadaan air.

Tabel 3.6 Kriteria pengaruh keberadaan air dalam pipa

Kriteria	Nilai
Jalur pipa <i>Carbon steel</i> beroperasi kering - tidak ada air dalam kandungan fluida didalamnya	1
Jalur pipa <i>Carbon steel</i> beroperasi kering – namun dalam fluida yang mengalir didalamnya mengandung air dalam situasi diluar kondisi normalnya atau jalur pipa CRA	2
Jalur pipa <i>Carbon steel</i> , dimana sesekali pada pengoperasiannya di dalam fluida yang mengalir terkandung air yang pada umumnya berbentuk uap.	3
Jalur pipa <i>Carbon steel</i> yang dialiri fluida yang mengandung air, yang pada umumnya berbentuk uap dan mudah memngembun	4
Jalur pipa <i>Carbon steel</i> dengan fluida yang mengalir nmengandung air pada kondisi operasi normal.	5

CRA : *ConocoPhillips Retirees Association*

7. Tabel terkait kriteria pelokalisasi perkaratan yang terjadi pada pipa.

Tabel 3. 7 Kriteria *Localized corrosion* (korosi lokal)

Kriteria	Nilai
CO <sub>2</sub> > 1 bara (kecuali pemanisasi CRA).	2
Kandungan dasar sebagai asam (NACE) (kecuali pemanisasi CRA)	2
MIC terdeteksi	2
Padatan pada jalur pipa	2
O <sub>2</sub> > 50 ppb (kecuali pemanisasi CRA).	2
Tidak terjadi penambahan faktor resiko korosi lokal.	1

MIC : *Microbiially influenced Corrosion*

Sebagai tambahan nilai probabilitas pada jaringan pipa merupakan jumlah aritmatik dari keberadaan korosi tersebut dalam setiap segmen jaringan perpipaan yang sedang dilakukan analisis resiko dimana nilai maksimum yang ditetapkan adalah 5 yang merupakan nilai maksimum matriks resiko 5 x 5.

8. Tabel terkait kriteria mengenai keefektifan inspeksi internal terhadap pencegahan dan perawatan pipa.

Tabel 3.8 Kriteria *Internal Inspection Effectiveness* (Keefektifan Inspeksi Internal)

Kriteria	Nilai
Dilakukan secara penuh survei <i>pigging</i> yang dilaksanakan pada 2 tahun terakhir. Tidak ada kecacatan terjadi.	1
Dilakukan secara penuh survei <i>pigging</i> yang dilaksanakan pada 2 tahun terakhir. Cacatan telah dievaluasi dan diperbaiki seperti yang dibutuhkan.	2
Survei <i>pigging</i> dilakukan dalam selang waktu 5 tahun terakhir.	3
Inspeksi awal telah dilakukan, termasuk uji <i>IP</i> atau <i>UT spot-checks</i> atau <i>Guided wave UT</i> , namun ini hanya sebagian dari panjang pipa dan nilai kekikisan ketebalan dinding < CA	4
Tidak ada inspeksi ( baik <i>IP</i> atau <i>UT Spot-checks</i> atau <i>Guided wave UT</i> ) atau inspeksi telah dilakukan namun nilai kekikisan ketebalan > CA.	5

IP atau UT spot-checks: *Interference Potential or Ultraviolet Test spot checks*

Guided wave UT: *Guided wave Ultrasonic*

CA: *Corrosion Allowance*

Dari kedelapan faktor korosi diatas estimasi nilai probabilitas faktor korosi ( $f_1$ ) secara simplifikasi disusun sebagai berikut:

$$f_1 = (f_{1.1} + f_{1.2} + \dots + f_{1.8}) / 8 \quad (3.2)$$

dengan:

$f_{1.1}$ : *Probabilty –external inspection*

$f_{1.2}$ : *likelihood –pipeline age influence*

$f_{1.3}$ : *Probabilty –cathodic protection reading value*

$f_{1.4}$ : *Probabilty –cathodic protection survey status*

$f_{1.5}$ : *Probabilty – cathodic interference*

$f_{1.6}$ : *Probabilty –influence of water (inner pipe)*

$f_{1.7}$ : *Probabilty –localized corrosion*

$f_{1.8}$ : *Probabilty –internal inspection effectiveness*

### 3.2.1.2 Faktor Inspeksi Operasi

Faktor ini terkait pada kegiatan perawatan dan pemeliharaan pipa, disini dilakukan identifikasi faktor-faktor operasi yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan. Sehingga dapat diperkirakan nilai resiko pada setiap operasi berdasarkan pengamatan dan inspeksi dari operator maupun supervisor.

Tabel di bawah ini berisikan kriteria kelebihan tekanan pada pipa. Nilai resiko ditentukan dari kehandalan desain dan sistem proteksi yang dilakukan.

1. Tabel terkait kriteria kelebihan tekanan operasi

Tabel 3.9 Kriteria kelebihan tekanan (*over pressure*)

Kriteria	Nilai
Tidak terjadi kelebihan tekanan. Desain tekanan lebih besar dari tekanan reservoir atau tekanan maksimum kompresor.	1

Kelebihan tekanan mungkin terjadi tetapi perpipaan di jaga dengan sistem proteksi ganda (HIPPS dan <i>relief valves</i> )	2
Kelebihan tekanan mungkin terjadi tetapi perpipaan di jaga dengan sistem proteksi tunggal	3
Kelebihan tekanan mungkin terjadi tetapi perpipaan tidak di jaga dengan sistem proteksi tunggal	5

HIPPS : *High Integrity Pressure Protection System*

2. Tabel terkait kriteria berdasarkan siklus tekanan pertahun. Nilai resiko ditentukan dari banyaknya siklus yang terjadi.

Tabel 3.10 Kriteria *pressure cycling* ( siklus tekanan )

Kriteria	Nilai
Lebih kecil dari 10 siklus tekanan dari > 10% MAOP per tahun.	1
Antara 10 dan 100 siklus tekanan dari > 10 % MAOP per tahun.	3
Tidak ada data.	4
Lebih dari 100 siklus tekanan dari > 10 % MAOP per tahun	5

MAOP: *Maximum Allowable Operation Pressure*

3. Tabel terkait dengan kriteria berdasarkan siklus temperatur pertahun. Nilai resiko ditentukan dari banyaknya siklus temperatur yang terjadi.

Tabel 3.11 Kriteria *temperature cycling* (siklus temperatur)

Kriteria	Nilai
1 atau tidak ada siklus temperatur dari > 50 °C	1
Antara 1 dan 5 siklus temperatur dari > 50 °C per tahun.	3
Tidak ada data.	4
Lebih dari 5 siklus temperatur dari > 50 °C per tahun	5

4. Tabel terkait dengan kriteria berdasarkan frekuensi perlakuan *pigging* yang dilakukan pada pipa. Nilai resiko ditentukan dari frekuensi perlakuan *pigging* yang dilakukan.

Tabel 3.12 Kriteria *Operational Pigging* (pengoperasian pigging)

Kriteria	Nilai
Pipa, secara teratur dilakukan pengoperasian <i>pigging</i> , dengan frekuensi sesuai dengan perkiraan perlakuan <i>pigging</i> untuk jalur pipa tersebut (analisis berdasarkan skala produksi).	1
Pipa, dilakukan pengoperasian <i>pigging</i> kurang dari frekuensi yang diperkirakan dari kebutuhan <i>pigging</i> untuk jalur pipa tersebut (analisis berdasarkan skala produksi).	3
Pipa, jarang dilakukan pengoperasian <i>pigging</i> , perlakuan tidak sebanyak frekuensi yang diperkirakan dari kebutuhan <i>pigging</i> untuk jalur pipa tersebut	4
Pipa, tidak pernah dilakukan pengoperasian <i>pigging</i>	5

5. Tabel terkait kriteria mengenai dokumentasi terhadap desain sistem perpipaan.

Tabel 3.13 Kriteria desain perpipaan

Kriteria	Nilai
Desain didokumentasi dengan pengkodean yang mudah dikenali. Pipa beroperasi pada desain parameter yang asli.	1
Desain didokumentasi dengan pengkodean yang mudah dikenali. Pipa beroperasi pada desain parameter yang orisinal. Pipa tersambungkan pada <i>conector threaded</i> .	2
Desain didokumentasi dengan pengkodean yang mudah dikenali. Pipa beroperasi pada desain parameter yang orisinal. Tetapi umur pakai telah terlampaui.	3
Desain didokumentasi dengan pengkodean yang mudah dikenali. Pipa beroperasi pada desain parameter yang orisinal. Tetapi pipa dioperasikan diluar parameter desain aslinya.	4
Desain tidak terdokumentasi.	5

Dari kelima faktor pengoperasian jaringan pipa diatas estimasi nilai probabilitas faktor pengoperasian ( $f_2$ ) secara simplifikasi disusun sebagai berikut:

$$f_2 = (f_{2.1} + 2f_{2.2} + \dots + f_{2.5}) / 6 \quad (3.3)$$

dengan:

$f_{2.1}$ : *probability –Over pressure*

$f_{2.2}$ : *probability –Pressure cycling*

$f_{2.3}$ : *probability –Temperature cycling*

$f_{2.4}$ : *probability –Operasional cycling*

$f_{2.5}$ : *probability –Design*

Pembobotan *probability value* terkait *Operation Factors Inspection* bergantung kesepakatan dengan *pemilik atau wakil pemilik jaringan* (dalam kasus ini nilai pembobotan *Pressure cycling* lebih besar karena sangat berpengaruh terhadap nilai resiko keseluruhan)

### 3.2.1.3 Inspeksi Gangguan dari Pihak Ketiga.

Analisis resiko terkait dengan *safety* meliputi faktor-faktor yang berkaitan dengan inspeksi gangguan dari pihak ketiga, karena jaringan pipa sebagian besar berada di jalur publik. Kriteria terkait dengan inspeksi gangguan pihak ketiga secara gamblang diidentifikasi dalam tabel-tabel berikut:

1. Tabel terkait dengan kriteria perlindungan pipa pada jalurnya. Nilai resiko ditentukan dari kedalaman pipa dan tanda petunjuk yang menunjukkan posisi pipa.

Tabel 3.14 Kriteria *pipeline cover* (perlindungan pada jalur pipa)

Kriteria	Nilai
Dikubur pada kedalaman lebih dari 1 m dengan tanda peringatan dan penambahan proteksi fisik.	1
Dikubur pada kedalaman lebih dari 1 m dengan tanda peringatan atau penambahan proteksi fisik.	2
Dikubur pada kedalaman lebih dari 1 m.	3
Dikubur pada kedalaman kurang dari 1 m.	4
Tidak dikubur	5

2. Tabel terkait dengan kriteria dari kemungkinan kerusakan yang terjadi akibat pihak ketiga, dalam hal ini masyarakat beserta rutinitas kegiatannya

Tabel 3.15 Kriteria *third party damage likelihood* (kemungkinan kerusakan oleh pihak ketiga)

Kriteria	Nilai
Pipa melewati hutan, pegunungan, laut atau daerah pertanian dengan populasi bangunan kurang dari 10 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 1)	1
Pipa melewati daerah pertanian dengan populasi bangunan antara 10 sampai 46 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 2)	3
Pipa melewati daerah perkampungan penduduk, pasar dan kota kecil dengan lebih dari 46 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 3)	4
Pipa melewati daerah padat penduduk atau kota yang besar dengan 46 bangunan dan bangunan bertingkat pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 4)	5

3. Tabel terkait dengan kriteria dari kondisi lintasan jaringan pipa.

Tabel 3.16 Kriteria *Right of Way (ROW) condition* (kondisi jalur perpipaan)

Kriteria	Nilai
Semak belukar dan pepohonan jauh dari jalur pipa. Penanda pipa terlihat dari segala arah.	1
Kondisi kebanyakan ROW adalah semak belukar dan pepohonan jauh dari pipa. Penanda pipa terlihat dari segala arah.	3
Kondisi sedikit ROW adalah Semak belukar dan pepohonan jauh dai pipa. Penanda pipa terlihat dari segala arah.	4
Tidak pada keadaan ROW	5

4. Tabel terkait dengan kriteria keadaan stabilita tanah atau lahan pada jalur pipa.

Tabel 3.17 Kriteria *Land Stability* ( stabilitas lahan)

<b>Kriteria</b>	<b>Nilai</b>
Tanah Longsor tidak terjadi pada daerah yang dilalui atau dibawah ROW	1
Tanah Longsor terjadi pada daerah yang dilalui atau dibawah ROW	3
Tanah Longsor terjadi pada daerah yang dilalui atau dibawah pipa	5

5. Tabel inspeksi eksternal terkait dengan kriteria-kriteria terhadap inspeksi eksternal yang dilakukan pada pipa. Sasaran pada kriteria ini ditekankan pada intensitas survei inspeksi

Tabel 3. 18 Kriteria inspeksi eksternal

<b>Kriteria</b>	<b>Nilai</b>
Survey dilakukan secara rutin, daerah patroli dan inspeksi GVI dilakukan lebih dari 1 kali pertahun pada seluruh panjang pipa. Koreksi dan perbaikan dilakukan sesuai kebutuhan	1
Survey dilakukan dan inspeksi GVI dilakukan 2-5 kali pertahun pada seluruh panjang pipa. Koreksi dan perbaikan dilakukan sesuai kebutuhan	2
Survey dilakukan dan inspeksi GVI dilakukan 2-5 kali pertahun pada sebagian panjang pipa. Koreksi dan perbaikan dilakukan sesuai kebutuhan	3
Tidak pernah dilakukan survey eksternal untuk seluruh panjang pipa dalam 5 tahun terakhir	4
Survey eksternal tidak pernah dilakukan	5

*GVI: General Visual Inspection*

6. Tabel terkait dengan kriteria kondisi perilaku masyarakat sipil maupun militer pada daerah yang dilalui jalur pipa.

Tabel 3.19 Kriteria sabotase

<b>Kriteria</b>	<b>Nilai</b>
Situasi stabil. Tidak pernah terjadi sabotase di wilayah tersebut	1
Situasi stabil. Pernah terjadi sabotase pada masa lalu.	3
Penduduk/militer di wilayah tersebut mengganggu keberadaan pipa.	4

Penduduk/militer di wilayah tersebut mengganggu keberadaan pipa. Terjadi sabotase	5
---	---

Dari keenam faktor pengoperasian jaringan pipa diatas estimasi nilai probabilitas pengaruh pihak ketiga ( $f_3$ ) secara simplifikasi disusun sebagai berikut:

$$f_3 = (f_{3.1} + 2f_{3.2} + \dots + f_{3.6}) / 7 \quad (3.4)$$

dengan:

$f_{3.1}$ : *probability –pipeline cover*

$f_{3.2}$ : *probability –Third party damage likelihood*

$f_{3.3}$ : *probability –Right of way (ROW) condition*

$f_{3.4}$ : *probability –Land Stability*

$f_{3.5}$ : *probability –External inspection*

$f_{3.6}$ : *probability –Sabotage*

#### 3.2.1.4 Catatan historis kebocoran

Tabel terkait dengan kriteria mengenai kondisi pipa khususnya terkait dengan kebocoran yang pernah terjadi.

Tabel 3.20 Kriteria *Leak History Inspection* (catatan sejarah inspeksi kebocoran)

Kriteria	Nilai
Tidak ada kebocoran pipa	1
Satu peristiwa kebocoran pipa diakibatkan oleh pihak ketiga.	3
Satu kebocoran pipa karena korosi atau lebih dari satu kebocoran diakibatkan oleh sebab lain.	5

Nilai probabilitas perpipaan umumnya tidak tunggal dan biasanya berupa sebaran nilai tertentu bergantung dengan panjang segmen pipa yang dilakukan analisa resiko. Sebaran nilai secara ringkas disimplifikasi dalam tipe distribusi yang diperkirakan cocok dengan kondisi riil segmen pipa tersebut. Sebaran tersebut bisa berupa sebaran data probability yang seragam dengan kecenderungan berpola distribusi seragam (*uniform*) atau terkonsentrasi dengan nilai tertentu

dengan terpusat pada nilai probabilitas tertentu sedangkan nilai lainnya sangat jarang teramati dengan kecenderungan berpola distribusi segitiga (*triangle*) atau juga berpola distribusi *normal* yakni sebaran probability terkonsentrasi pada nilai tertentu dengan nilai lainnya relatif lebih rendah dan tersebar dalam rentang deviasi tertentu. Disini keputusan pemilihan pola distribusi probabilitas sangat menentukan keshahihan nilai resiko dari jaringan perpipaan. Penentuan distribusi berdasarkan hasil pengamatan yang seksama merupakan hal yang penting dalam menentukan nilai resiko jalur perpipaan.

### 3.2.2. Nilai Konsekuensi secara Kualitatif

Nilai konsekuensi suatu kecelakaan meliputi: konsekuensi terhadap keselamatan, lingkungan, financial dan reputasi perusahaan pengelola jalur perpipaan dan nilainya ditentukan dengan penjumlahan dari faktor masing-masing yang dibagi dengan faktor yang telah disetarakan berdasarkan persetujuan yang disepakati oleh para pihak dalam hal ini pemilik atau wakil pemilik fasilitas. Faktor yang disetarakan digunakan untuk memastikan konsekuensi tetap berada dalam rentang estimasi konsekuensi yakni untuk matriks resiko 5 x 5 seperti yang berlaku di Conoco Philips Indonesia berkisar dari 1 (*low risk*) hingga 5 (*high risk*).

#### 3.2.2.1 Konsekuensi terhadap Safety (Keselamatan)

Konsekuensi terhadap keselamatan (*safety*) ditentukan beberapa faktor yang dapat mewakili kondisi riil lapangan sehingga dapat diperkirakan nilai resiko keselamatannya serta perlakuan mitigasi maupun langkah-langkah pencegahan lebih lanjut.

1. Tabel terkait dengan kriteria mengenai jumlah bocoran berdasarkan diameter pipa yang dipakai sesuai dengan desain perpipaannya.

Tabel 3.21 Kriteria *release quantity* ( kuantitas dari keluaran)

Keterangan	Nilai
Diameter pipa < 6 inci	1

Diameter pipa 6-12 inci	2
Diameter pipa 12-24 inci	3
Diameter pipa >24 inci	5

2. Tabel terkait dengan kriteria jenis fluida yang dialirkan pada pipa. Kriteria tersebut mencakup tingkat kemudahannya terbakar dan tingkat efek racun yang dikandungnya.

Tabel 3.22 Kriteria *Flammability/Toxicity* (tingkat kemudahan terbakar atau efek racun)

Keterangan	Nilai
Fluida cair tidak mudah terbakar dan tidak beracun	1
Fluida gas tidak mudah terbakar dan tidak beracun	2
Fluida cair mudah terbakar dan / atau beracun	3
Gas alam murni ( Sweet natural gas)	4
Fluida gas mudah terbakar dan / atau beracun	5

3. Tabel terkait dengan kriteria mengenai keselamatan bagi kehidupan masyarakat sekitar yang diurutkan berdasarkan kepadatan populasi.

Tabel 2. 23 Kriteria *population density* (kepadatan populasi)

Kriteria	Nilai
Pipa melewati hutan, pegunungan, laut atau daerah pertanian dengan kepadatan bangunan kurang dari 10 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 1)	1
Pipa melewati daerah pertanian dengan kepadatan bangunan antara 10 sampai 46 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 2)	3
Pipa melewati perkampungan penduduk, pasar dan kota kecil dengan lebih dari 46 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 3)	4
Pipa melewati daerah padat penduduk atau kota yang besar dengan 46 bangunan dan bangunan bertingkat pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 4)	5

Dari ketiga faktor terhadap keselamatan jaringan pipa diatas estimasi nilai konsekuensi keselamatan ( $C_s$ ) secara simplifikasi bergantung pada jenis probabilitas kondisi perpipaan yang diamati. Masing-masing probabilitas: korosi, pengoperasian, pengaruh pihak keempat maupun catatan historis kebocoran memiliki ungkapan matematis tersendiri berdasarkan hasil diskusi intens dengan pemilik atau wakil pemilik jaringan perpipaan. Sehingga nilai resiko terhadap keselamatan untuk masing-masing probabilitas ( $R_{1S}$ ,  $R_{2S}$ ,  $R_{3S}$ ,  $R_{4S}$ ) secara sederhana dituangkan dalam persamaan berikut:

$$R_{1S}=(f_{1.1}+f_{1.2}+\dots f_{1.8})/8 (C_{sr}+C_{sf}+C_{sp})/3 \quad (3.5)$$

$$R_{2S}=(f_{2.1}+2f_{2.2}+\dots f_{2.5})/6 (C_{sr}+2C_{sf}+2C_{sp})/5 \quad (3.6)$$

$$R_{3S}=(f_{3.1}+2f_{3.2}+\dots f_{3.6})/7 (C_{sr}+1C_{sf}+2C_{sp})/4 \quad (3.7)$$

$$R_{4S}=f_4 (C_{sr}+2C_{sf}+2C_{sp})/5 \quad (3.8)$$

dengan:

$C_{sr}$ : *safety consequence–release quantity*

$C_{sf}$ : *safety consequence-flammability/toxic*

$C_{sp}$ : *safety consequence-pressure factor*

dan:

$f_{1.1}$ : *Probabilty –external inspection*

$f_{1.2}$ : *likelihood –pipeline age influence*

$f_{1.3}$ : *Probabilty –cathodic protection reading value*

$f_{1.4}$ : *Probabilty –cathodic protection survey status*

$f_{1.5}$ : *Probabilty – cathodic interference*

$f_{1.6}$ : *Probabilty –inifluence of water (inner pipe)*

$f_{1.7}$ : *Probabilty –localized corrosion*

$f_{1.8}$ : *Probabilty –internal inspection effectiveness*

$f_{2.1}$ : *probability –Over pressure*

$f_{2.2}$ : *probability –Pressure cycling*

$f_{2.3}$ : *probability –Temperature cycling*

- $f_{2.4}$ : probability –Operasional cycling  
 $f_{2.5}$ : probability –Design  
 $f_{3.1}$ : probability –pipeline cover  
 $f_{3.2}$ : probability –Third party damage likelihood  
 $f_{3.3}$ : probability –Right of way (ROW) condition  
 $f_{3.4}$ : probability –Land Stability  
 $f_{3.5}$ : probability –External inspection  
 $f_{3.6}$ : probability –Sabotage  
 $f_4$ : probability –Leak history inspection

### 3.2.2.2 Konsekuensi terhadap Lingkungan

Konsekuensi terhadap lingkungan ditentukan beberapa faktor yang dapat mewakili kondisi riil lapangan sehingga dapat diperkirakan nilai resiko terhadap lingkungan alam sekitar serta perlakuan mitigasi maupun langkah-langkah pencegahan lebih lanjut.

1. Tabel terkait dengan kriteria mengenai jumlah bocoran berdasarkan diameter pipa yang dipakai pada desain.

Tabel 3.24 Kriteria *release quantity* (kuantitas keluaran )

Keterangan	Nilai
Pipa gas atau air	1
Diameter pipa < 6 inci atau pipa produk air	2
Diameter pipa 6-12 inci	3
Diameter pipa lebih dari 12 inci	4
Diameter pipa minyak lebih besar dari 24 inci	5

2. Tabel terkait dengan jenis-jenis fluida yang dialirkan melalui pipa.

Tabel 3.205 Kriteria *Fluid Type* (tipe fluida)

Keterangan	Nilai
Air	1
Gas alam murni (Sweet Natural Gas)	2
Gas beracun dan atau mudah terbakar diluar gas alam murni	3
Larutan cairan beracun dalam air dan atau mudah terbakar kecuali minyak dan fraksi berat lainnya.	4
Minyak mentah dan fraksi beratnya.	5

3. Tabel dibawah ini berisikan kriteria mengenai kondisi lokasi yang dilalui jalur pipa.

Tabel 3.26 Kriteria *Location factor* (faktor lokasi)

Kriteria	Nilai
Pipa melewati hutan, pegunungan, laut atau daerah pertanian dengan kerapatan bangunan kurang dari 10 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 1)	1
Pipa melewati daerah pertanian dengan kerapatan antara 10 sampai 46 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 2)	3
Pipa melewati perkampungan penduduk, pasar dan kota kecil dengan lebih dari 46 bangunan pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 3)	4
Pipa melewati daerah padat penduduk atau kota yang besar dengan 46 bangunan dan bangunan bertingkat pada jarak 1.6 KM dan 0.4 KM lebar bentang dan melewati pipa ( MIGAS 300.K kelas 4)	5

Dari ketiga faktor terhadap lingkungan jaringan pipa diatas estimasi nilai konsekuensi lingkungan ( $C_e$ ) secara simplifikasi bergantung pada jenis probabilitas kondisi perpipaan yang diamati. Masing-masing probabilitas: korosi, pengoperasian, pengaruh pihak ketiga maupun catatan historis kebocoran memiliki ungkapan matematis tersendiri berdasarkan hasil diskusi intens dengan pemilik atau wakil pemilik jaringan perpipaan. Sehingga nilai resiko terhadap keselamatan untuk masing-masing probabilitas ( $R_{1E}$ ,  $R_{2E}$ ,  $R_{3E}$ ,  $R_{4E}$ ) secara sederhana dituangkan dalam persamaan berikut:

$$R_{1E}=(f_{1.1}+f_{1.2}+\dots+f_{1.8})/8 (C_{er}+C_{ef}+C_{el})/3 \quad (3.9)$$

$$R_{2E}=(f_{2.1}+2f_{2.2}+\dots+f_{2.5})/6 (C_{er}+C_{ef}+C_{el})/3 \quad (3.10)$$

$$R_{3E}=(f_{3.1}+2f_{3.2}+\dots+f_{3.6})/7 (C_{er}+C_{ef}+C_{el})/3 \quad (3.11)$$

$$R_{4E}=f_4 (C_{er}+C_{ef}+C_{el})/3 \quad (3.12)$$

dengan:

$C_{er}$ : *environment consequence-release quantity*

$C_{ef}$ : *environment consequence-fluid type*

$C_{el}$ : *environment consequence-location factor*

dan penjelasan notasi probabilitas sama dengan notasi probabilitas pada konsekuensi terhadap keselamatan.

### 3.2.2.3 Konsekuensi terhadap Kerugian Asset

Tabel 3. 27 Kriteria *Financial* (Kerugian Asset)

Keterangan	Nilai
Konsekuensi Biaya Sangat Tinggi – kegiatan terhenti sangat lama, perbaikan besar, berbiaya melebihi Rp.500.000.000	5
Konsekuensi Biaya Tinggi – kegiatan usaha secara keseluruhan terhenti sementara, perbaikan lama, berbiaya dalam kisaran Rp.100.000.000 - Rp.500.000.000	4
Konsekuensi Biaya Medium – Kegiatan usaha terhenti sebagian, perbaikan memakan waktu pendek, Rp. 50.000.000 - Rp. 100.000.000	3
Konsekuensi Biaya Rendah – Kegiatan usaha terhenti dalam satuan unit kerja, perbaikan berbiaya antara Rp. 10.000.000 – Rp. 50.000.000, perbaikan dilakukan terencana	2
Konsekuensi Biaya dapat diabaikan - tidak ada penghentian kegiatan usaha; dapat diperbaiki secara cepat dan berbiaya kurang dari Rp. 10.000.000	1

Konsekuensi terhadap finansial ditentukan berapa nilai kerusakan yang diukur dengan besarnya biaya yang harus dikeluarkan ketika suatu kecelakaan terjadi dan hal ini mewakili kondisi riil lapangan sehingga dapat diperkirakan nilai resiko terhadap finansial serta perlakuan mitigasi maupun langkah-langkah pencegahan lebih lanjut.

Tabel terkait dengan kriteria Kerugian Produksi sebagai berikut:

Tabel 3. 28 Kriteria *Financial* (Kerugian Produksi)

Keterangan	Nilai
Konsekuensi Kerugian Sangat Tinggi – losses melebihi Rp. 1.000.000.000 / hari.	5
Kerugian Tinggi – loses dalam kisaran Rp. 500.000.000 / hari - 1.000.000.000 / hari.	4
Konsekuensi Kerugian Medium – loses antara, Rp. 200.000.000 / hari. < loss ≤ 500.000.000 / hari.	3
Konsekuensi Kerugian Rendah – losses antara Rp.50.000.000 / hari < loss ≤ 200.000.000/ hari, perbaikan dilakukan terencana	2
Konsekuensi Kerugian dapat diabaikan - tidak ada penghentian kegiatan usaha; losses kurang dari Rp. 50.000.000 / hari.	1

Dari tabel diatas estimasi nilai konsekuensi finansial ( $C_f$ ) terhadap kegiatan usaha pengoperasian jaringan pipa secara simplifikasi bergantung pada jenis probabilitas kondisi perpipaan yang diamati. Masing-masing probabilitas: korosi, pengoperasian, pengaruh pihak ketiga maupun catatan historis kebocoran memiliki ungkapan matematis tersendiri berdasarkan hasil diskusi intens dengan pemilik atau wakil pemilik jaringan perpipaan. Sehingga nilai resiko terhadap finansial untuk masing-masing probabilitas ( $R_{1F}$ ,  $R_{2F}$ ,  $R_{3F}$ ,  $R_{4F}$ ) secara sederhana dituangkan dalam persamaan berikut:

$$R_{1F}=(f_{1.1}+f_{1.2}+\dots+f_{1.8})/8 (C_{fa} + C_{fp})/2 \quad (3.13)$$

$$R_{2F}=(f_{2.1}+2f_{2.2}+\dots+f_{2.5})/6 (C_{fa} + C_{fp})/2 \quad (3.14)$$

$$R_{3F}=(f_{3.1}+2f_{3.2}+\dots+f_{3.6})/7 (C_{fa} + C_{fp})/2 \quad (3.15)$$

$$R_{4F}=f_4 (C_{fa} + C_{fp})/2 \quad (3.16)$$

dengan:

$C_{fa}$ : *financial consequence for asset*

$C_{fp}$ : *financial consequence for production loss*

dan penjelasan notasi probabilitas sama dengan notasi probabilitas pada konsekuensi terhadap keselamatan.

### 3.2.2.4 Konsekuensi terhadap Reputasi

Konsekuensi terhadap Reputasi ditentukan berapa besar dampak suatu kecelakaan terhadap reputasi/profesionalisme perusahaan pemilik usaha jaringan perpipaan dan hal ini berbanding lurus dengan tingkat reputasi perusahaan itu sendiri.

Tabel terkait dengan kriteria reputasi perusahaan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 29 Kriteria *Reputation Of Company* (reputasi perusahaan)

Kriteria	Nilai
Sangat terkenal - Cakupan Internasional	5
Cukup Sangat Terkenal - Cakupan Nasional	4
Cukup Terkenal - Cakupan Provinsi	3
Kurang Terkenal - Cakupan Lokal-Gathering/trunkline	2
Sangat Kurang Terkenal- Cakupan Lokal - Flowline	1

Sama halnya dengan estimasi nilai konsekuensi finansial ( $C_f$ ) terhadap kegiatan usaha pengoperasian jaringan pipa, estimasi nilai konsekuensi reputasi ( $C_r$ ) perusahaan secara simplifikasi bergantung pada jenis probabilitas kondisi perpipaan yang diamati. Masing-masing probabilitas: korosi, pengoperasian, pengaruh pihak ketiga maupun catatan historis kebocoran memiliki ungkapan matematis tersendiri berdasarkan hasil diskusi intens dengan pemilik atau wakil pemilik jaringan perpipaan. Sehingga nilai resiko terhadap reputasi untuk masing-masing probabilitas ( $R_{1R}$ ,  $R_{2R}$ ,  $R_{3R}$ ,  $R_{4R}$ ) secara sederhana dituangkan dalam persamaan berikut:

$$R_{1R}=(f_{1,1}+f_{1,2}+\dots+f_{1,8})/8 C_r \quad (3.17)$$

$$R_{2R}=(f_{2,1}+2f_{2,2}+\dots+f_{2,5})/6 C_r \quad (3.18)$$

$$R_{3R}=(f_{3,1}+2f_{3,2}+\dots+f_{3,6})/7 C_r \quad (3.19)$$

$$R_{4R}=f_{4R} C_r \quad (3.20)$$

dengan:

$C_r$ : *reputation consequence*

dan penjelasan notasi probabilitas sama dengan notasi probabilitas pada konsekuensi terhadap keselamatan.

Sebagai catatan dalam *Crystal Ball* yang berbasis *Excel Worksheet*, nilai konsekuensi ditetapkan oleh *tools* dari *Crystal Ball* sebagai *define decision* dari setiap sebaran probabilitas yang ditetapkan pada masing-masing kriteria probabilitas perpipaan (korosi, pengoperasian, efek pihak ketiga dan catatan histori kebocoran).

Hasil forecast pada perhitungan Monte Carlo menggunakan piranti lunak *Crystal Ball* dipetakan dalam matriks 5 x 5 nilai resiko dan berdasarkan posisi nilai resiko dari perpipaan berdasarkan rentang informasi dalam matriks berikut keluaran factor sensitif terhadap nilai resiko yang diperoleh dapat dirancang proses mitigasi atau pengurangan nilai resiko yang dikandung dalam jaringan perpipaan dengan berpatokan pada konsep *as low as reasonable practices* (ALARP). Secara simple matriks 5 x 5 resiko digambarkan pada tampilan dibawah ini dengan absis merupakan nilai konsekuensi dan ordinat adalah nilai probabilitas. Kriteria resiko dipaparkan dalam tampilan dibawahnya lagi dengan batasan kisaran aman dibawah nilai resiko sama dengan 4.0.

Risk Matrix						
L I K E L I H O O D	5	II 5	II 10	III 15	IV 20	IV 25
	4	I 4	II 8	III 12	III 16	IV 20
	3	I 3	II 6	II 9	III 12	III 15
	2	I 2	I 4	II 6	II 8	II 10
	1	I 1	I 2	I 3	I 4	II 5
		2	3	4	5	
		CONSEQUENCE				

Risk: (Likelihood x Consequence)

Gambar 3.3 Matriks resiko 5x5

Matriks 5 x 5 diatas adalah Matriks Resiko berdasarkan multiplikasi dari sebaran probabilitas kecacatan pipa karena korosi, pengoperasian, efek pihak ketiga maupun informasi catan hisitoris kebocoran berikut nilai konsekuensi terhadap keselamatan, lingkungan, financial dan reputasi badan usaha pengelola/pemilik jaringan perpipaan yang kesemuanya diperoleh menggunakan perhitungan Monte Carlo via piranti lunak Crystal Ball terhadap data-data yang diperoleh dari lapangan.

Dari matriks 5 x 5 diatas dapat diungkapkan kategori resiko yang terjadi dan rencana mitigasi dan pengurangan resikonya. Disini sebagai catatan, efektivitas ALARP dapat dilakukan pada nilai resiko sedikit diatas nilai resiko 4.0 atau berada dalam daerah *medium risk*.

Risk Categories		
<b>IV</b> 17-25	<b>High</b>	<b>High Risk.</b> Manage risk utilizing prevention and/or mitigation <i>with highest priority</i> . Promote issue to appropriate management level with commensurate risk assessment detail.
<b>III</b> 12-16	<b>Significant</b>	<b>Significant Risk.</b> Manage risk utilizing prevention and/or mitigation <i>with priority</i> . Promote issue to appropriate management level with commensurate risk assessment detail.
<b>II</b> 5-10	<b>Medium</b>	<b>Medium Risk with Controls Verified.</b> No mitigation required where controls can be verified as functional. <b>ALARP</b> should be evaluated, as necessary.
<b>I</b> 1-4	<b>Low</b>	<b>Low Risk.</b> No Mitigation Required

Gambar 3.4 Kategori resiko yang terjadi dan rencana mitigasi dan pengurangan resikonya

Dari keterangan diatas dapat disimpulkan kalkulasi nilai resiko dari jaringan perpipaan dapat dilakukan dengan menggunakan simplifikasi perhitungan nilai resiko sebagai berikut:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^m \left( \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot C}{n} \right)_j}{m} \quad (3.21)$$

Yang dijabarkan lebih jauh dengan mengacu pada data-data lapangan yang diperoleh untuk memprediksi semi kuantitatif nilai resiko jaringan perpipaan sebagai berikut:

**Forecast Corrosion Inspection ( $R_I$ )**

$$R_{IS} = (f_{1.1} + f_{1.2} + \dots + f_{1.8}) / 8 \quad (C_{sr} + C_{sf} + C_{sp}) / 3 \quad (3.22)$$

$$R_{1E}=(f_{1,1}+f_{1,2}+\dots+f_{1,8})/8 (C_{er}+C_{ef}+C_{el})/3 \quad (3.23)$$

$$R_{1F}=(f_{1,1}+f_{1,2}+\dots+f_{1,8})/8 C_f \quad (3.24)$$

$$R_{1R}=(f_{1,1}+f_{1,2}+\dots+f_{1,8})/8 C_r \quad (3.25)$$

$$R_1=(4R_{1S}+R_{1E}+2 R_{1F}+R_{1R})/8 \quad (3.26)$$

### **Forecast Operation Factors Inspection (R<sub>2</sub>)**

$$R_{2S}=(f_{2,1}+2f_{2,2}+\dots+f_{2,5})/6 (C_{sr}+2C_{sf}+2C_{sp})/5 \quad (3.27)$$

$$R_{2E}=(f_{2,1}+2f_{2,2}+\dots+f_{2,5})/6 (C_{er}+C_{ef}+C_{el})/3 \quad (3.28)$$

$$R_{2F}=(f_{2,1}+2f_{2,2}+\dots+f_{2,5})/6 C_f \quad (3.29)$$

$$R_{2R}=(f_{2,1}+2f_{2,2}+\dots+f_{2,5})/6 C_r \quad (3.30)$$

$$R_2=(4R_{2S}+2R_{2E}+3R_{2F}+R_{2R})/10 \quad (3.31)$$

### **Forecast Third Party (R<sub>3</sub>)**

$$R_{3S}=(f_{3,1}+2f_{3,2}+\dots+f_{3,6})/7 (C_{sr}+C_{sf}+2C_{sp})/4 \quad (3.32)$$

$$R_{3E}=(f_{3,1}+2f_{3,2}+\dots+f_{3,6})/7 (C_{er}+C_{ef}+C_{el})/3 \quad (3.33)$$

$$R_{3R}=(f_{3,1}+2f_{3,2}+\dots+f_{3,6})/7 C_f \quad (3.34)$$

$$R_{3R}=(f_{3,1}+2f_{3,2}+\dots+f_{3,6})/7 C_r \quad (3.35)$$

$$R_3=(4R_{3S}+R_{3E}+R_{3F}+R_{3R})/7 \quad (3.36)$$

### **Forecast Leak History Inspection (R<sub>4</sub>)**

$$R_{4S}=f_4 (C_{sr}+2C_{sf}+2C_{sp})/5 \quad (3.37)$$

$$R_{4E}=f_4 (C_{er}+C_{ef}+C_{el})/3 \quad (3.38)$$

$$R_{FR}=f_4 C_f \quad (3.39)$$

$$R_{4R}=f_4 C_r \quad (3.40)$$

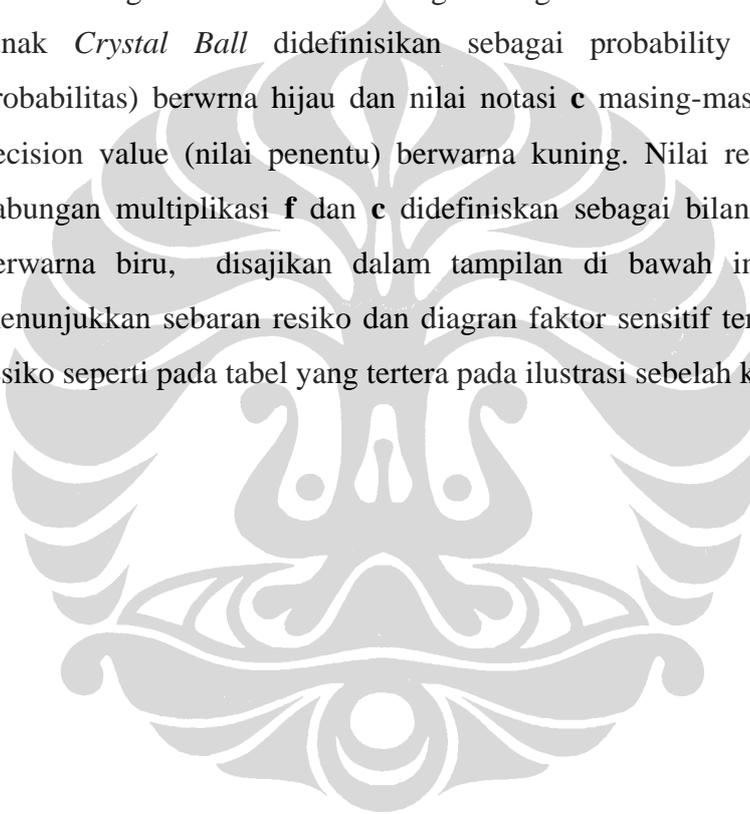
$$R_4=(4R_{4S}+R_{4E}+2R_{4F}+R_{4R})/8 \quad (3.41)$$

Disini sebagai catatan notasi persamaan diatas baik itu notasi probabilitas maupun konsekuensi sama dengan notasi probabilitas dan konsekuensi pada persamaan tersebut terdahulu diatas. Nilai resiko keseluruhan secara simplifikasi dinyatakan menurut persamaan aritmatik berikut ini:

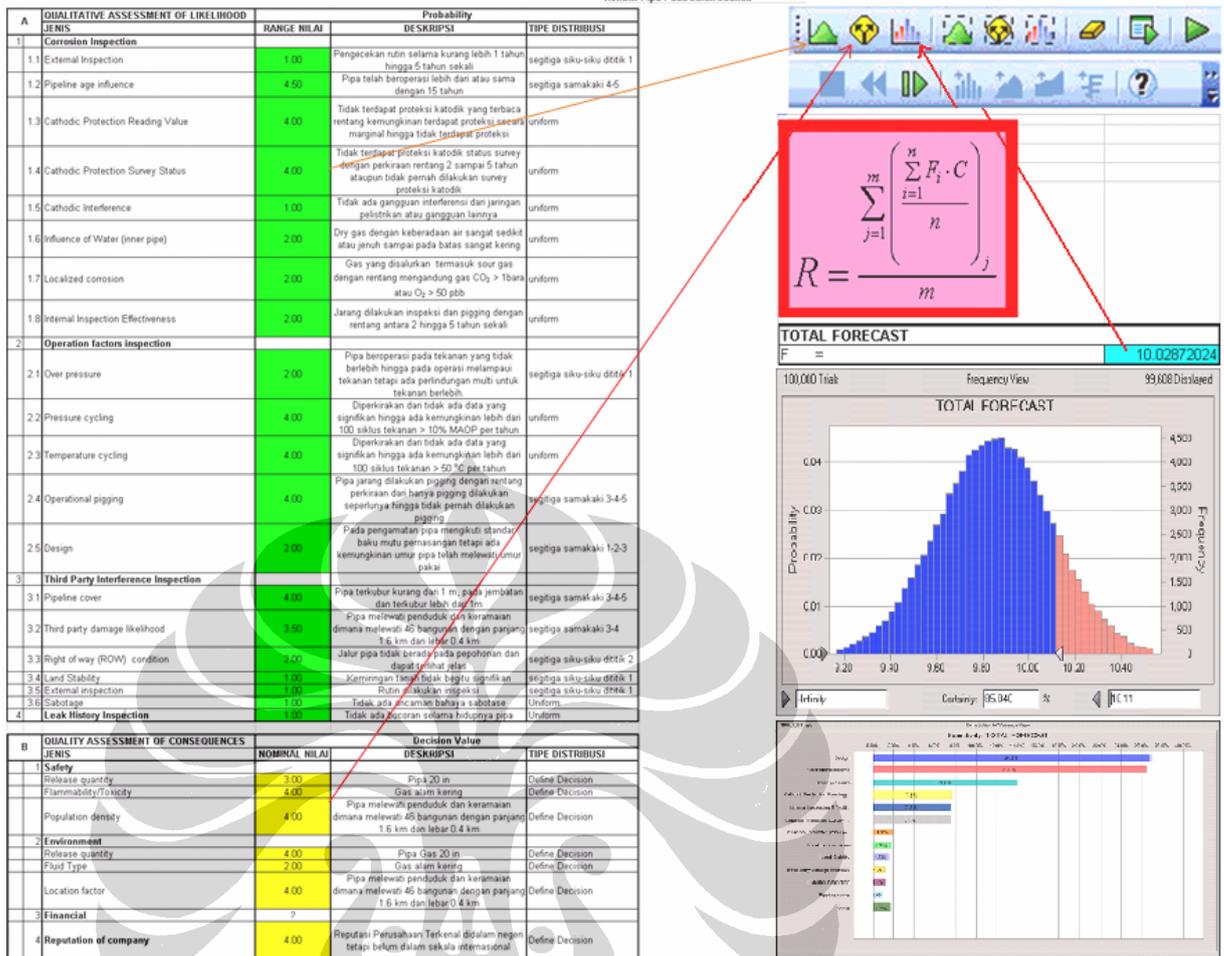
$$R=(2R_1+4R_2+R_3+R_4)/8 \quad (3.42)$$

Pembobotan *risk value* terkait *corrosion inspection*, *operation condition factor*, *third party factor* dan *leakage historical notification* bergantung kesepakatan dengan *owner/bohir*. Disini, pembobotan resiko operasi lebih besar dibandingkan resiko korosi yang keduanya memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan pembobotan pada *third party factor* dan *leakage historical notification*.

Dengan nilai notasi **f** masing-masing dalam *worksheet Excel* dalam piranti lunak *Crystal Ball* didefinisikan sebagai *probability distribution* (sebaran probabilitas) berwarna hijau dan nilai notasi **c** masing-masing didefinisi sebagai *decision value* (nilai penentu) berwarna kuning. Nilai resiko yang merupakan gabungan multiplikasi **f** dan **c** didefinisikan sebagai bilangan prakira (*forecast*) berwarna biru, disajikan dalam tampilan di bawah ini. Tampilan tersebut menunjukkan sebaran resiko dan diagraf faktor sensitif terhadap perolehan nilai resiko seperti pada tabel yang tertera pada ilustrasi sebelah kanan bawah.



LIKELIHOOD AND CONSEQUENCE ANALYSIS  
Kondisi Pipa Pada Jalan Juanda



Gambar 3.5 Contoh tampilan hasil simulasi perpipaan

Disini terlihat jelas bahwa nilai *f* dan *c* diperoleh dan ditelaah dari evaluasi perolehan data lapangan kondisi perpipaan terkait dengan sebaran probabilitas dan penentuan nilai penentu. Eksekusi nilai multiplikasi *f* dan *c* dengan menggunakan perumusan resiko seperti tersaji dalam persamaan aritmetis diatas dengan penghitungan sampling data hitung *forecast* sebanyak 100.000 kali menghasilkan distribusi nilai resiko seperti tertera pada sebaran nilai *total forecast* diatas.

### 3.3. Langkah-Langkah Simulasi dengan Crystal Ball

Dalam menggunakan piranti lunak Crystal Ball terlebih dahulu harus mengerti menggunakan tool. Setelah mengetahui dari masing-masing tool, maka simulasi

dimulai dengan menetapkan asumsi, menetapkan keputusan, menjalankan preferensi, dan yang terakhir adalah menjalankan simulasi.

### 3.3.1. Penjelasan Toolbars

Piranti lunak Crystal Ball memiliki tampilan toolbar sebagai berikut:



Gambar 3. 6 Tampilan toolbar piranti lunak Crystal Ball

Fungsi dari masing-masing toolbar, sebagai berikut:

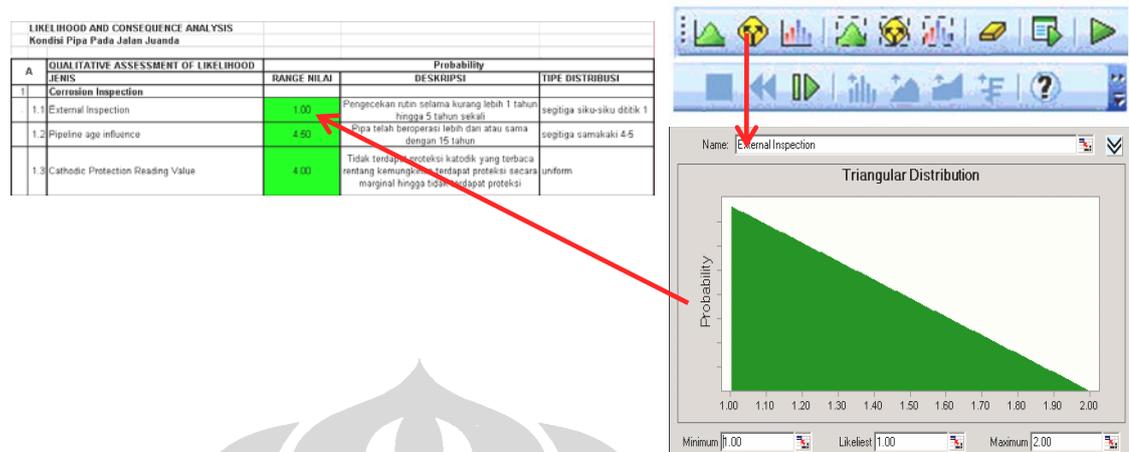
1. Mendefinisikan cell asumsi
2. Mendefinisikan cell perkiraan
3. Pilihan simulasi
4. Menjalankan simulasi
5. Memberhentikan simulasi
6. Menjalankan secara bertahap
7. Jendela hasil perkiraan
8. Analisa sensitivitas
9. Membuat laporan statistik
10. Bantuan

### 3.3.2. Menetapkan Asumsi

Langkah-langkah dalam menetapkan asumsi yang akan diambil adalah:

- Mengarahkan kursor pada cell yang berisi nilai resiko
- Klik “define assumption” pada toolbar
- Menentukan distribusi sebaran dari nilai yang akan dihitung (Triangular, uniform, normal)
- Memasukkan nilai minimum, maksimum dan likeliest
- Melakukan hal yang sama untuk setiap kriteria

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut:



Gambar 3. 7 Langkah-langkah menetapkan asumsi dengan Crystal Ball

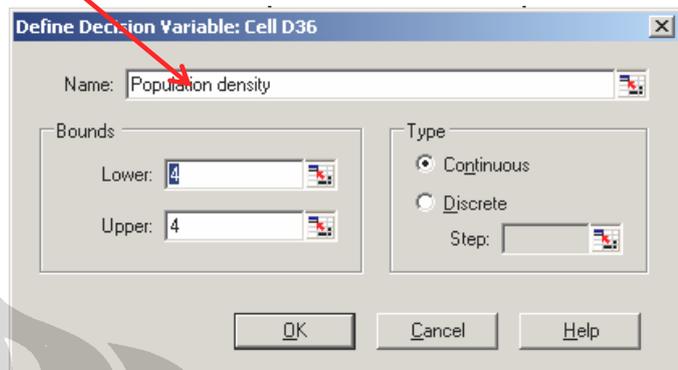
### 3.3.3. Menetapkan Keputusan

Setelah menetapkan asumsi terhadap berbagai resiko, maka dilanjutkan dengan menetapkan keputusan. Langkah-langkah dalam menentukan keputusan adalah:

- Arahkan kursor pada cell yang berisi nilai resiko
- Klik “define decision” pada toolbar
- Masukkan batas bawah (lower) dan batas atas (upper)
- Lakukan hal yang sama untuk setiap kriteria

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut:

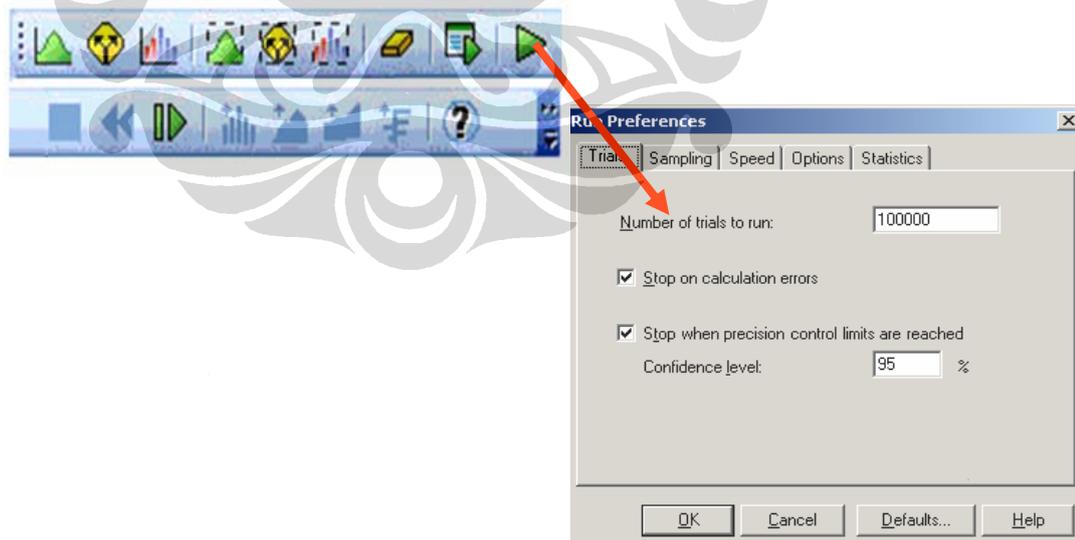
B	QUALITY ASSESSMENT OF CONSEQUENCES	Decision Value		
		NOMINAL NILAI	DESKRIPSI	TIPE DISTRIBUSI
1	Safety			
	Release quantity	3.00	Pipa 20 in	Define Decision
	Flammability/Toxicity	4.00	Gas alam kering	Define Decision
	Population density	4.00	Pipa melewati penduduk dan keramaian dimana melewati 46 bangunan dengan panjang 1.6 km dan lebar 0.4 km	Define Decision



Gambar 3.8 Langkah-langkah menetapkan keputusan dengan Crystal Ball

### 3.3.4. Menjalankan Preferensi

Sebelum memulai simulasi klik pada toolbars “Run Preferences”. Pada tool ini kita dapat menentukan jumlah trial yang diinginkan, contoh 100000 trials berarti simulasi dilakukan sampai 100000 kali perhitungan. Langkah-langkah menggunakan tool ini dapat dilihat pada gambar berikut:



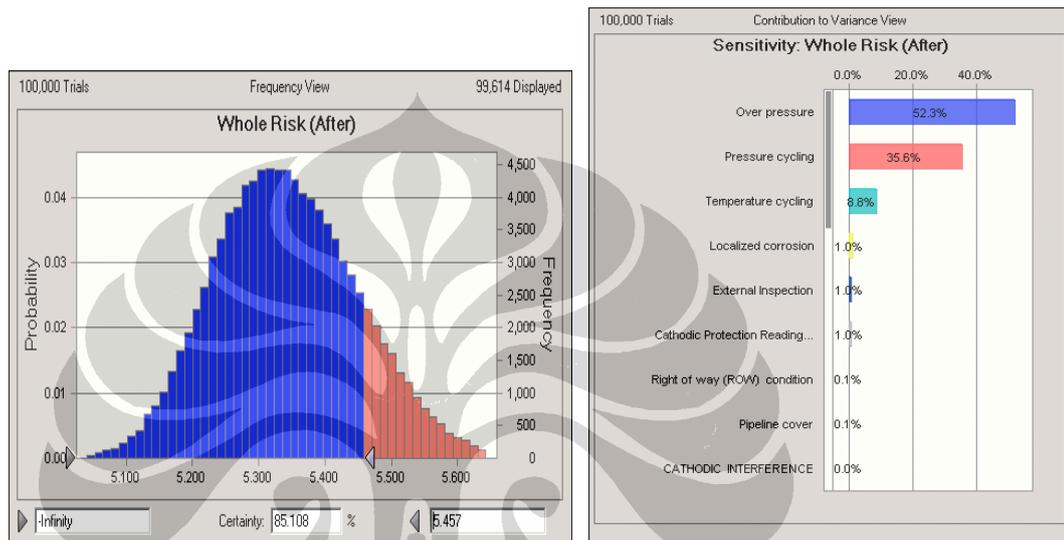
Gambar 3.9 Cara menjalankan preferensi

### 3.3.5. Memulai Simulasi

Setelah semua asumsi telah terisi dengan benar, dan jumlah trial telah di tentukan maka crystal ball dapat di jalankan dengan meng-klik “start simulation”

### 3.3.6. Hasil Simulasi

Untuk menampilkan hasil simulasi dapat dilakukan dengan meng-klik toolbar no. 7 “Forecast Charts”. Tampilan untuk hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 3.10 Hasil Simulasi