



UNIVERSITAS INDONESIA

**APLIKASI INTEGRASI *VALUE ENGINEERING* DAN *RISK MANAGEMENT* DENGAN ANALISIS HAZID PADA FSRU
(*FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT*)**

SKRIPSI

**SUSANTO
0906604445**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI EKSTENSI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**APLIKASI INTEGRASI *VALUE ENGINEERING* DAN *RISK MANAGEMENT* DENGAN ANALISIS HAZID PADA FSRU
(*FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT*)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

SUSANTO

0906604445

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI EKSTENSI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Susanto

NPM : 0906604445

Tanda Tangan :



Tanggal : 29 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Susanto
NPM : 0906604445
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Aplikasi Integrasi *Value Engineering* dan *Risk Management* Dengan Analisis HAZID Pada LNG FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*)

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Andy Noorsaman Sommeng, DEA.

Pembimbing II : Prof.Dr.Ir. Anondho Wijanarko, M.Eng.

Penguji : Dr. Ing. Ir. Misri Gozan, M.Tech.

Penguji : Ir. Rita Arbianti, M.Si.

Penguji : Dr. Tania Surya Utami, ST., MT.

Ditetapkan di : Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Tanggal : 29 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan makalah skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Andy Noorsaman Sommeng, DEA selaku dosen pembimbing I dan Prof. Dr. Ir. Anondho Wijanarko, M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
3. Rekan satu penelitian saya, Nita Irawana, yang telah bersedia berdiskusi dan saling mendukung satu sama lain selama proses penyelesaian makalah skripsi ini.
4. Teman bercerita dan berbagi pengalaman hidup saya; Febri, Ramly, Ferdian, Yusup, dan Rickie yang telah bersama sebagai satu kost selama 6 tahun.
5. Pengurus kelas Ekstensi Teknik Kimia angkatan 2009; Wika dan Dian yang bersusah payah membantu saya dalam mengurus kelas ini selama 3 tahun.
6. Teman-teman Ekstensi Teknik Kimia 2009 satu perjuangan, Krisna, Wiwid, Mohandika, Rici dan teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang saling menyemangati dalam berbagai proses kuliah.
7. Mba Esti dan mba Elya selaku sekretaris Pembimbing skripsi saya yang telah membantu pengaturan waktu saya untuk bimbingan.

8. Kang Jajat, mang Ijal, mas Taufik, dan mas Sriyono yang telah membantu teman-teman satu angkatan dalam hal laboratorium dan administrasi sidang skripsi.
9. Dosen-dosen Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia yang sudah memberikan wawasan tentang dasar-dasar ssetiap mata kuliah yang telah diberikan selama kuliah.

Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta peningkatan daya saing bangsa Indonesia.

Depok, 29 Juni 2012



Susanto

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

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

Nama : Susanto
NPM : 0906604445
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

APLIKASI INTEGRASI *VALUE ENGINEERING* DAN *RISK MANAGEMENT*
DENGAN ANALISIS HAZID PADA FSRU (*FLOATING STORAGE
REGASIFICATION UNIT*)

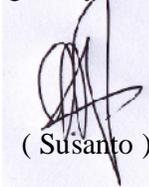
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Juni 2012

Yang menyatakan


(Susanto)

ABSTRAK

Nama : Susanto
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Aplikasi Integrasi *Value Engineering* dan *Risk Management*
Dengan Analisis HAZID Pada FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*)

Konversi BBM ke BBG sangat gencar dilakukan pemerintah saat ini, maka dari itu salah satunya dibangun infrastruktur penyaluran gas untuk memenuhi kebutuhan industri dan transportasi. Salah satu yang dilakukan adalah penyaluran LNG (*Liquid Natural Gas*) dengan fasilitas penerimanya menggunakan FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*). Pada skripsi ini, dilakukan analisis resiko dengan metode HAZID (*Hazard Identification*) pada salah satu infrastruktur unit FSRU yaitu unit penerima LNG yang terdapat fasilitas regasifikasi LNG menjadi gas alam yang dipasok untuk memenuhi kebutuhan PLTU dan Transportasi di kawasan Tanjung Priok, Jakarta Utara. Selanjutnya, dilakukan kajian menggunakan metode *Value Engineering* untuk mengetahui seberapa besar biaya yang ditambahkan untuk mengurangi resiko bahaya yang ada pada FSRU tersebut. Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai resiko dari tiap unit di FSRU rata-rata keseluruhan adalah terdapat pada zona *ALARP*, dan setelah dilakukan *escalation guard*, resiko dapat diturunkan pada zona *Medium*, dan membutuhkan total biaya penambahan sebesar Rp. 299.700.000 yaitu 0,006% dari total biaya proyek FSRU tersebut.

Kata kunci : FSRU, *Value Engineering*, *Risk Management*, HAZID

ABSTRACT

Name : Susanto
Study Program: Chemical Engineering
Title : Integrated Application of Value Engineering and Risk Management with HAZID Analysis on FSRU (Floating Storage Regasification Unit)

Converting Fuels to Fuel Gas is incentive to do the current government, and therefore one of them built of gas supply infrastructure to meet the needs of industry and transportation. One that does is the distribution of LNG (Liquid Natural Gas) with the receiver using the FSRU (Floating Storage Regasification Unit). In this study, the risk analysis performed by the method of HAZID (Hazard Identification) infrastructure in one of the receiver unit FSRU LNG regasification facility located LNG into natural gas is supplied to meet the needs of the plant and transport in the area of Tanjung Priok, North Jakarta. Furthermore, studies conducted using Value Engineering to find out how much cost is added to reduce the risk of danger that existed at the FSRU. From the results of this study found the risk value of each unit in the overall average FSRU is the ALARP zone, and after escalation guard, the risk can be reduced to Medium zone, and requires the addition of the total cost of Rp. 299.7 million is 0.006% of the total project cost of the FSRU.

Key Word : FSRU, *Value Engineering*, *Risk Management*, *HAZID*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Potensi Bahan Bakar Gas di Indonesia.....	5
2.2 <i>Liquid Natural Gas (LNG)</i>	6
2.3 <i>FSRU (Floating Storage with Regasification Unit)</i>	7
2.3.1 <i>LNG Storage Tank</i>	10
2.3.2 <i>Mooring System</i>	10
2.3.3 <i>Loading Arm</i>	10
2.3.4 <i>BOG (Boil Off Gas)</i>	11
2.3.5 <i>Recondenser</i>	11
2.3.6 <i>Vaporizer System</i>	12
2.3.7 <i>Emergency Flare</i>	12
2.3.8 <i>Sea Water System</i>	13
2.3.9 <i>Nitrogen Plant</i>	13
2.3.10 <i>Unit Metering</i>	13
2.4 Manajemen Resiko.....	13
2.4.1 Resiko.....	16
2.4.2 Analisa dan Prioritas Resiko.....	17
2.4.3 <i>Hazard Identification (HAZID)</i>	20
2.5 <i>Value Engineering</i>	21
2.5.1 Sejarah dan Perkembangan <i>Value Engineering</i>	21
2.5.2 Definisi <i>Value Engineering</i>	22
2.5.3 Pengertian <i>Value Engineering</i> , Nilai, Biaya, dan Fungsi.....	22
2.5.4 Dasar Pertimbangan Melakukan Studi <i>Value</i>	

<i>Engineering</i>	22
2.5.5 Waktu Penerapan <i>Value Engineering</i>	23
2.5.6 Teknik <i>Value Engineering</i>	23
2.5.7 Rencana Kerja <i>Value Engineering</i> (<i>Value Engineering Job Plan</i>).....	25
2.5.8 Tahap Analisis Fungsi (<i>Function Analysis Phase</i>).....	27
2.5.9 Tahap Kreatif (<i>Creative Phase</i>).....	28
2.5.10 Fase Evaluasi/Analisis.....	30
2.5.11 Fase Pengembangan/Rekomendasi.....	31
2.5.12 Penerapan <i>Value Engineering</i> di Dalam Industri Konstruksi.....	34
2.5.13 <i>Value Engineering Change Proposal</i> (VECP) dan Kesempatan Meningkatkan Nilai Selam Konstruksi...	35
2.5.14 Pengaruh Saat Diterapkannya <i>Value Engineering</i> Selama Berlangsung-nya Proyek.....	36
2.6 <i>State of The Art</i>	37
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	40
3.1 Objek Penelitian.....	41
3.2 Pengumpulan Data.....	41
3.3 Teknik Pengolahan dan Analisis Data.....	41
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Analisis Infrastruktur FSRU.....	42
4.2. Kajian Resiko Tiap Area.....	43
4.2.1.LNG <i>Storage Tank</i>	43
4.2.2. <i>Boil off Gas Compressor</i>	44
4.2.3. <i>Vaporizer System</i>	45
4.2.4. <i>Gas Turbine Generator</i>	46
4.2.5. <i>Nitrogen Plant</i>	46
4.2.6. <i>Accomodation Area</i>	47
4.2.7. Recondenser.....	48
4.2.8. <i>Unit metering</i>	49
4.2.9. <i>Sea water System</i>	49
4.2.10. <i>Emergency Flare</i>	50
4.2.11. <i>Mooring System</i>	51
4.2.12. <i>Pipeline</i>	51
4.2.13. <i>Loading Arm</i>	52
4.3. Kajian Resiko Secara Keseluruhan.....	53
4.4. Kajian Biaya Dengan Resiko.....	54
4.4.1. Zona <i>Unacceptable</i>	54
4.4.2. Zona <i>ALARP</i>	55
4.4.3. Zona <i>Medium</i>	55
4.4.4 Kajian Rata-rata nilai resiko dengan total biaya Penambahan.....	56
4.5. Integrasi <i>Value Engineering</i> dengan Resiko.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran.....	58
DAFTAR REFERENSI.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Fasilitas FSRU (<i>Floating Storage and Regasification Unit</i>)...	8
Gambar 2.2. Proses Regasifikasi pada FSRU	8
Gambar 2.3. <i>FLOATING STORAGE REGASTIFICATION UNIT</i>	9
Gambar 2.4. <i>Event Probability versus Event Impact</i>	14
Gambar 2.5. Hubungan biaya dengan tingkat resiko.....	15
Gambar 2.6. Proses Manajemen Resiko.....	15
Gambar 2.7. Potensi penghematan oleh <i>Value Engineering</i>	25
Gambar 2.8. Langkah- langkah proses <i>Value Engineering</i>	28
Gambar 2.9. <i>life cycle cost</i>	36
Gambar 2.10. Tingkat pengaruh penerapan <i>Value Engineering</i> terhadap biaya sepanjang perjalanan proyek.....	38
Gambar 2.11. Kesempatan untuk mengimplementasikan perubahan sepanjang perjalanan proyek.....	39
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 4.1. Peta Lokasi Pelabuhan Tanjung Priok.....	44
Gambar 4.2. Kajian analisa resiko keseluruhan.....	55
Gambar 4.3. Grafik Biaya Vs Resiko pada unit zona <i>Unacceptable</i>	56
Gambar 4.4. Grafik Biaya Vs Resiko pada unit zona <i>ALARP</i>	57
Gambar 4.5. Grafik Biaya Vs Resiko pada unit zona <i>Medium</i>	57
Gambar 4.6. Grafik Rata-rata nilai Resiko Vs Total Biaya.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Status Cadangan Gas Bumi di Indonesia.....	5
Tabel 2.2. Komposisi dan Spesifikasi LNG.....	6
Tabel 2.3. Kandungan Kalor Dari Beberapa Jenis Bahan Bakar.....	7
Tabel 2.4. Penilaian <i>likelihood</i>	18
Tabel 2.5. Penilaian <i>severity</i>	19
Tabel 2.5. penilaian probabilitas.....	20
Tabel 2.6. Parameter HAZID dalam memperhitungkan efek bahaya.....	21
Tabel 2.7. Parameter HAZID dalam memperhitungkan frekuensi bahaya (tingkat kemungkinan bahaya).....	21
Tabel 2.8. Acuan jurnal Integrasi <i>Value Engineering</i> dengan Risk Management.....	40
Tabel 4.1. Keadaan teknis keberadaan FSRU.....	45
Tabel 4.2. <i>Risk matrix</i> pada area LNG <i>storage tank</i>	45
Tabel 4.3. <i>Risk matrix</i> pada area BOG <i>compressor</i>	46
Tabel 4.4. <i>Risk matrix</i> pada area <i>Vaporizer system</i>	47
Tabel 4.5. <i>Risk matrix</i> pada area Gas <i>Turbine Generator</i>	48
Tabel 4.6. <i>Risk matrix</i> pada area Nitrogen <i>plant</i>	49
Tabel 4.7. <i>Risk matrix</i> pada area <i>Accommodation</i>	50
Tabel 4.8. <i>Risk matrix</i> pada area Recondenser.....	50
Tabel 4.9. <i>Risk matrix</i> pada area Unit <i>metering</i>	50
Tabel 4.10. <i>Risk matrix</i> pada area Sea water system.....	52
Tabel 4.11. <i>Risk matrix</i> pada area <i>Emergency flare</i>	53
Tabel 4.12. <i>Risk matrix</i> pada area <i>Mooring system</i>	53
Tabel 4.13. <i>Risk matrix</i> pada area <i>Pipeline</i>	54
Tabel 4.14. <i>Risk matrix</i> pada area <i>Loading arm</i>	55

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Analisa HAZID FSRU.....	63
LAMPIRAN B Penambahan <i>Cost</i>	70
LAMPIRAN C Contoh pertambahan alat pada proses <i>Value Engineering</i>	7



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara yang berpotensi dalam produksi gas bumi. Hal ini terlihat dari nilai cadangan terbukti untuk tahun 1984 berjumlah 80,58 trilyun kaki kubik yang terdiri atas cadangan gas *non-associated* sebesar 74,862 trilyun kaki kubik dan cadangan gas *associated* yang berjumlah 5,718 trilyun kaki kubik. Di samping cadangan terbukti, masih ada cadangan potensial sebesar 34,898 trilyun kaki kubik yang terdiri atas cadangan *non-associated* sebesar 31,217 trilyun kaki kubik dan cadangan *associated* sebesar 3,681 trilyun kaki kubik. Sedangkan menurut data terbaru, Indonesia memiliki cadangan gas mencapai 153,72 triliun kaki kubik (BP Migas, 2011).

Dengan potensi gas alam Indonesia tersebut, maka kebijakan pemerintah akan pengalihan penggunaan energi dari BBM ke BBG dilakukan untuk mengurangi anggaran subsidi yang membengkak atas penggunaan BBM di masyarakat dan untuk pemanfaatan BBG yang jauh lebih murah dari pada penggunaan BBM. Maka salah satu yang dilakukan adalah dengan membangun infrastruktur untuk penyaluran gas yaitu berbentuk FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*) sehingga BBG dapat ditransportasikan dalam bentuk LNG yang lebih ekonomis untuk kemudian diubah menjadi gas alam yang siap dipasok untuk kebutuhan industri maupun pembangkit listrik dan juga CNG sebagai BBG transportasi darat. Pada saat ini PT. Pertamina dan PT Regas Indonesia sedang membangun FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*) di Tanjung Priok untuk menyuplai kebutuhan gas pembangkit listrik milik PLN di Muara Karang dan Tanjung Priok. Namun, FSRU di Tanjung Priok tersebut sesungguhnya dapat dimanfaatkan pula untuk menyuplai kebutuhan BBG, khususnya untuk transportasi dan industri yang berada di daerah tersebut, sehingga dapat membantu mengurangi tingginya konsumsi BBM.(Regas, 2012).

Pesatnya perkembangan teknologi yang menopang kegiatan penyaluran gas khususnya pada FSRU tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap masalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Penggunaan peralatan yang digunakan baik

kecil maupun besar, berbagai jenis material, masing-masing tentu memiliki segi positif dan negatif. Dengan banyak teknologi baru, manusia dipermudah pekerjaannya, bahkan hasilnya pun jauh lebih baik. Tetapi perubahan-perubahan seperti itu juga bisa menimbulkan dampak negatif terhadap para pekerja maupun perusahaan, khususnya dalam hal Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Identifikasi awal terhadap bahaya yang timbul sangat berguna untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

Pada penelitian ini, dilakukan analisis resiko dengan pendekatan HAZID (*Hazard Identification*) pada salah satu infrastruktur unit FSRU. Identifikasi *hazard* dilakukan dengan pemilihan titik-titik pengamatan (*study node*) secara berurutan mulai dari awal yaitu proses *loading* pengisian LNG di FSRU sampai akhir proses *loading* pada unit *metering* untuk ke konsumen. Dari pelaksanaan identifikasi tersebut dapat diperoleh sumber-sumber bahaya dan akibat yang ditimbulkan, dan hasilnya dapat digunakan untuk mencari alternatif-alternatif perbaikan sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja bisa dikurangi. Identifikasi menggunakan HAZID ini dilakukan berdasarkan tiap area atau unit proses yang terjadi di FSRU tersebut untuk menyelidiki penyimpangan-penyimpangan yang memungkinkan terjadinya kecelakaan kerja. Oleh karena itu, perlu diadakan identifikasi bahaya menggunakan metode HAZID untuk mengetahui resiko- resiko apa saja yang dapat terjadi di FSRU tersebut. Setelah melakukan analisis HAZID, lalu dilakukan Kajian menggunakan metode *Value Engineering* untuk seberapa besar biaya yang dikeluarkan untuk mengurangi resiko bahaya yang ada pada FSRU tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah diatas, maka dibuat rumusan masalah pada skripsi ini adalah seberapa besar estimasi biaya yang ditambahkan yang mengacu pada metode *Value Engineering* dengan menganalisis penambahan peralatan dan sistem agar resiko bisa dimitigasi ataupun diminimalisasi pada FSRU tersebut dengan mengidentifikasi bahaya pada LNG FSRU dengan menggunakan metode HAZID.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

- Mendapatkan kesimpulan identifikasi bahaya pada LNG FSRU dengan metode HAZID.
- Menganalisis estimasi biaya- biaya yang ditambahkan pada fasilitas LNG FSRU untuk menurunkan tingkat resiko yang terjadi dan mengacu dengan metode *Value Engineering*.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi masalah pada pengaruh metode *Value Engineering* yaitu pada biaya penambahan utilitas FSRU terhadap hasil risiko yang dianalisis menggunakan identifikasi bahaya dengan metode HAZID pada LNG FSRU, khususnya *Value Engineering* untuk menambah fungsi sistem keselamatan kerja yang dapat mengurangi resiko akibat bahaya yang timbul di LNG FSRU tersebut.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

- ♣ BAB 1. PENDAHULUAN
Berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.
- ♣ BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA
Berisikan studi literature secara umum dan khusus mengenai hal-hal yang berkaitan dalam penelitian.
- ♣ BAB 3. METODE PENELITIAN
Berisikan diagram alir penelitian, *tools* yang digunakan dalam penelitian, dan prosedur penelitian.
- ♣ BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN
Bab ini berisi hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan prosedur yang tertera di bab sebelumnya. Dalam bab ini juga terdapat analisa dan pembahasan dari hasil penelitian yang telah diperoleh.

♣ BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi rangkuman dari hasil penelitian yang dilakukan yang mengacu pada hasil yang telah didapat. Bab ini merupakan jawaban dari tujuan penelitian.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Bahan Bakar Gas di Indonesia

Indonesia memiliki cadangan gas yang terbilang cukup besar. Berdasarkan data, sepanjang tahun 2010 terdapat penemuan cadangan gas baru yang cukup signifikan mencapai 2,09 triliun kaki kubik, sementara penemuan minyak hanya sebesar 140 juta barel saja (BP Migas, 2011). Pada 1 Januari 2011, seperti yang terlihat pada tabel 2.1, posisi cadangan terbukti maupun potensial gas di Indonesia mencapai 153,72 triliun kaki kubik dan cadangan terbukti maupun potensial minyak bumi sebesar 7,41 miliar barel. Apabila cadangan yang ada diproduksi dengan tingkat produksi saat ini, maka cadangan minyak bumi Indonesia akan habis selama 12 tahun mendatang. Sementara cadangan gas bumi Indonesia masih mampu bertahan untuk memenuhi kebutuhan hingga 46 tahun ke depan (BP Migas, 2011).

Tabel 2.1. Status Cadangan Gas Bumi di Indonesia (BP Migas, 2011)

Cadangan	Sudah Produksi		Belum Produksi		Jumlah
	Terbukti	Potential	Terbukti	Potential	
Minyak + Kondensat (MMSTB)	3.604,56	3.089,58	280,78	444,73	7.419,64
GAS (Associated + Non Associated) (TSCF)	36,08	15,08	68,90	33,67	153,72
MIGAS (MMBOE)	9.617,83	5.599,45	11.764,89	6.055,82	33.040,98

Dengan potensi gas alam di Indonesia yang sangat menjanjikan tersebut, sangat memungkinkan untuk dilakukan penerapan pemenuhan kebutuhan gas dalam bentuk LNG sebagai salah satu langkah konversi BBM ke BBG di Indonesia. Selain itu, BBG juga memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan BBM, salah satunya adalah BBG memiliki emisi gas yang lebih kecil dibandingkan BBM. Hal ini adalah salah satu alasan perlunya pengembangan

BBG di Indonesia karena polusi yang disebabkan oleh BBG relatif lebih rendah dibandingkan BBM sehingga ramah lingkungan (Shahab, 2001).

2.2 *Liquid Natural Gas (LNG)*

LNG (*Liquefied Natural Gas*) adalah gas alam yang dicairkan dengan cara didinginkan sampai mencapai suhu -160°C dengan tekanan atmosferik, maka akan dihasilkan gas dalam bentuk cair. Proses semacam ini disebut dengan pencairan gas bumi (*Natural Gas Liquefaction*). Gas alam cair memiliki volume 1/600 kali dari keadaan sebelum dicairkan. Komposisi LNG pada umumnya terdiri dari 85-90% mol metana ditambah etana dan sebagian kecil propane, butane, dan nitrogen. Komposisi yang LNG yang sebenarnya tergantung dari sumber gas dan teknologi pemrosesannya.

LNG merupakan bentuk energi yang mudah untuk ditransportasikan. LNG dapat dihasilkan dengan berbagai cara diantaranya yaitu;

- Ekstraksi menggunakan *NRU/LNG cold box*
- Penambahan unit purifikasi dan *liquefaction* pada sistem *cryogenic NGL plant*.
- Penambahan unit *power liquefier*.
- Stasiun penurunan tekanan (*pressure letdown*) pada jalur pipa transmisi gas.
- Menggunakan nitrogen cair sebagai unit pendinginan.

Tabel 2.2. Komposisi dan Spesifikasi LNG (Bontang,2009)

Komposisi	Low (% mol)	High (% mol)
Methane (C1)	80	99
Ethane (C2)	< 1	17
Propane (C3)	0.1	5
Butane (C4)	0.1	2
Nitrogen (N2)	0	1
Nilai Kalori	1000 – 1160 BTU/SCF	
Berat Jenis	0,45 – 0,47 g/cc	
1 MTPA LNG	≈ 135 – 140 MMSCFD gas alam	

LNG memiliki kandungan energi per volume lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan bakar lain yang bersumber dari gas hidrokarbon, berikut

beberapa bahan bakar dari minyak bumi. Tabel 2.3 berikut memperlihatkan densitas energi persatuan volume dari beberapa bentuk energi.

Tabel 2.3. Kandungan Kalor Dari Beberapa Jenis Bahan Bakar (Bontang, 2011)

Bahan bakar	MJ/lt	MJ/kg
Methane	0.035	50,0
Gaseus Methane @ 248 bar, CNG	8.7	50,0
Liquid Methane @ – 1620C, LNG	21.6	50,0
LPG	24.4	48
Gasoline	32.7	42,5
Diesel	37.7	42,5

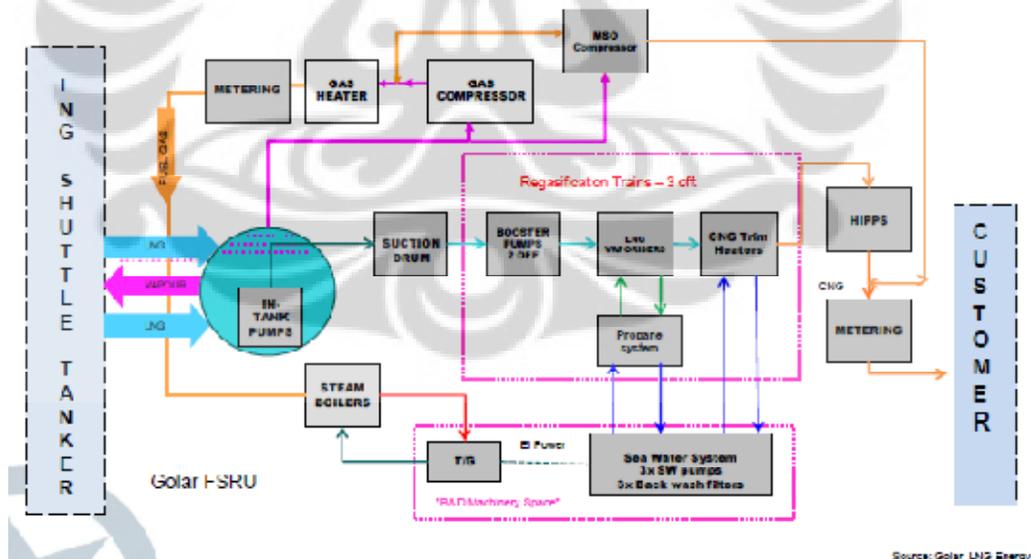
2.3 FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*)

FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*) adalah terminal penerima LNG yang terletak di lepas pantai, baik *inshore* (dekat dari tepi pantai) maupun *offshore* (jauh dari tepi pantai) yang dikirim dari tempat *liquefaction* secara langsung menggunakan LNG *carriers*. Sehingga LNG *carriers* tidak perlu memasuki area pelabuhan. Lokasi FSRU dapat ditentukan berdasarkan titik interkoneksi jaringan gas, yang letaknya jauh dari kawasan pemukiman. Sehingga isu gangguan lingkungan dikarenakan pemilihan lokasi yang salah dapat dicegah.

FSRU ini memiliki lambung kapal yang terbuat dari besi dilengkapi dengan : tangki penyimpanan LNG (*LNG storage tanks*), *Re-gasification plant*, fasilitas awak kapal berupa ruang *control* dan keperluan perlengkapan (*utility machinery*), Fasilitas tambatan (*mooring system*) dengan menara eksternal. Salah satu keuntungan dari teknologi ini adalah mempunyai biaya pembuatan yang kompetitif serta mempunyai umur desain yang lama (40 tahun). Teknologi ini sudah mencapai *well proven technology*.



Gambar 2.1. Fasilitas FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) (Golar, 2011)



Gambar 2.2. Proses Regasifikasi pada FSRU (Golar, 2011)

Konsep FSRU dapat didesain untuk kondisi yang beraneka ragam. Desain yang umum untuk pra-FEED level adalah LNG storage dengan kapasitas 300.000 m³ dan kapasitas pengiriman gas adalah 1000 MMscfd pada tekanan 100 barg

(1400 psig). Desain memungkinkan untuk *offloading* dari kedua sisi LNG *carrier* (tanker). FSRU ditambatkan ke dasar laut yang memiliki kedalaman relatif dangkal (*shallow*) melalui *turret* (menara penambat) dan dapat bertahan terhadap angin kencang atau badai *hurricane*.



Gambar 2.3. *FLOATING STORAGE REGASTIFICATION UNIT* (Marine, 2011)

Keuntungan penggunaan FSRU adalah :

- Memungkinkan impor gas di area dimana pengembangan terminal on-shore dilarang
- Alternatif efisiensi biaya yang didapat dari biaya lokasi
- Dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain di dunia
- Adanya kemungkinan untuk *leasing*
- Mudah pengajuan izin karena tidak ada akuisisi tanah
- Menjamin *homeland security*
- Meningkatkan keamanan navigasi
- Memungkinkan untuk tidak dapat terlihat dari darat
- *Loading* dapat dilakukan dari dua sisi *carrier*

Adapun sistem-sistem yang ada pada FSRU adalah sebagai berikut :

2.3.1. LNG Storage Tank

Tangki penimbun LNG atau *Storage tank* adalah tangki yang digunakan untuk menyimpan sementara hasil produksi dari kilang pengolahan sebelum dikapalkan oleh kapal-kapal tanker. Tangki penimbun digunakan untuk menyimpan gas alam cair dalam jumlah besar (lebih besar dari 5000 ton), tempat penyimpanannya berpendingin pada umumnya dianggap lebih ekonomis.

Kebocoran cairan dari tempat penyimpanan tidak akan menyala secara adiabatik karena cairan yang keluar memerlukan panas untuk evaporasi dan dispersi. Sumber panas yang paling siap adalah tanah atau permukaan tempat jatuhnya cairan, makin luas permukaan, sumber panas makin besar dan akan meningkatkan penguapan. Penggunaan dinding yang mengitari tangki berpendingin dengan diameter minimal dan tinggi yang cukup akan mengurangi bahaya potensial dari uap dengan mencegah penyebaran cairan yang bocor.

2.3.2 Mooring System

Mooring adalah sarana menambat tali kapal agar pada waktu kapal bersandar kapal tidak bergerak oleh pengaruh arus, angin, dan gelombang yang bekerja pada badan kapal sehingga operasi bongkar muat dapat berjalan lancar dan aman.

2.3.3. Loading Arm

Loading Arm adalah alat yang digunakan untuk menghubungkan antara *manifold* pompa pada kapal dan pipa-pipa penyalur. Fasilitas ini dilengkapi dengan lengan (*arm*) yang dapat mengikuti gerak naik turun kapal oleh pasang surut, bongkar/ muat, dan pergerakan horisontal posisi kapal karena arus dan meregangnya kapal oleh pengaruh melintasnya kapal lain.

2.3.4. BOG (Boil Off Gas)

Selama operasi normal, uap *boil-off* diproduksi pada tangki dan pipa yang berisi cairan akibat transfer panas dari sekitar. Uap ini dikumpulkan pada *boil-off header* yang terhubung dengan *boil-off compressor suction drum*. Sebuah *in-line desuperheater*, yang terletak pada hulu *drum* akan menginjeksi LNG pada aliran gas jika temperatur meningkat di atas -80°C . Uap *boil-off* yang dihasilkan selama operasi normal karena adanya panas yang terserap ke tangki penyimpanan dan pipa dikompres dan dicairkan pada *recondenser*.

Selama bongkar muat, jumlah uap pada outlet tangki naik secara signifikan. Uap tambahan ini adalah kombinasi dari volume yang digantikan pada tangki oleh LNG yang masuk, uap yang datang dari terbebasnya input energi pada pompa kapal, uap *flash* karena perbedaan tekanan antara kapal dan tangki penyimpanan serta penguapan dari bocornya panas pada penghubung bongkar muat dan pipa transfer. Uap dapat dialirkan kembali menuju kapal melalui *boil-off*

gas blower atau menuju *boil-off compressor*. Uap yang tidak dialirkan kembali ke kapal dikompres dan dialirkan ke *recondenser*. Banyaknya uap yang bisa direkondensasi tergantung pada jumlah LNG yang dikirimkan. Jika tidak terdapat cukup LNG yang dikirimkan untuk menyerap *boil-off gas*, uap tersebut dikompresi hingga tekanan pipa atau bisa juga dibakar atau dikeluarkan ke atmosfer (*vented*). Prioritas untuk penanganan uap adalah sebagai berikut :

- Untuk penggantian (*displacement*) volume pada kapal dan tangki penyimpanan
- Untuk pencairan kembali pada LNG yang dikirimkan
- Untuk dikompres hingga tekanan pipa dan ditransportasikan melalui pipa
- Untuk dibakar atau dikeluarkan ke atmosfer

2.3.5. Recondenser

LNG dari pompa dalam tangki dialirkan langsung ke *recondenser*. Uap *boil-off* yang dihasilkan selama operasi normal juga dialirkan ke *recondenser* dan dicampurkan dengan LNG subdingin untuk dikondensasikan. Hal ini dapat menghindarkan pembakaran atau pengeluaran uap ke atmosfer. *Recondenser* tersebut berisi *packed bed* sehingga terdapat area permukaan yang luas untuk kontak cairan dan uap.

2.3.6 Vaporizer System

Fasilitas terminal LNG memiliki beberapa penguap yang beroperasi secara paralel dengan juga disertai cadangan. *Open Rack Vaporisers* (ORV) adalah yang banyak digunakan dan menggunakan air laut untuk memanaskan dan menguapkan LNG. Jenis lainnya adalah *Submerged Combustion Vaporiser* (SCV) yang menggunakan gas yang dikirimkan sebagai bahan bakar untuk pembakaran yang memberikan panas pembakaran. Mahalnya pemasangan sistem ORV air laut menyebabkan biaya kapital yang tinggi. Di lain pihak, SCV memiliki biaya operasi yang lebih tinggi karena biaya bahan bakar. Pada beberapa fasilitas, karena pertimbangan ekonomi, ORV biasa digunakan pada kisaran operasi normal pengiriman dan SCV digunakan sebagai cadangan.

Pertimbangan kondisi lapangan juga mempengaruhi penggunaan apakah menggunakan ORV atau SCV. Jika temperatur air laut di bawah kira-kira 5°C, ORV tidak digunakan karena bekunya air laut. Pada beberapa lapangan, terkadang tidak memungkinkan untuk memisahkan keluar dan masuknya air laut,

dan SCV harus dipasang untuk mencegah masalah resirkulasi. SCV juga berukuran lebih kecil dibanding ORV dan memiliki efisiensi panas yang lebih tinggi (> 95%). Penggunaan SCV tetapi memiliki masalah lingkungan karena adanya emisi karbondioksida dan NOx. Kelebihan air yang diproduksi sebagai hasil pembakaran juga membutuhkan perlakuan sebelum dikeluarkan.

2.3.7. Emergency Flare

Jika terjadi kondisi yang tidak diinginkan, uap bisa dihasilkan melebihi kapasitas *recondenser* dan kompresor pipa (jika ada). Jika ini terjadi, uap harus dikeluarkan ke udara melalui *elevated vent stack* atau dibakar untuk pembuangan secara aman. Metode pembuangan uap yang lebih disukai adalah dengan cara membakarnya. Pengeluaran dengan *venting* memungkinkan tetapi membutuhkan pertimbangan khusus. Walaupun mungkin lebih disukai karena tidak terlihat oleh penduduk sekitar, *vent* harus dirancang untuk mengantisipasi jika tiba-tiba terjadi percikan oleh petir. Penyebaran gas dingin dari *vent* juga lebih problematis dibanding dari pembakaran karena gas pembakaran akan selalu naik ke atas.

Sistem uap tangki digabungkan pada *manifold* dan *pressure control valve* mengirimkan uap ke *vent stack* atau *flare stack* sebelum *safety valve* tangki terbuka. Tangki penyimpanan itu sendiri dilengkapi dengan *relief valve* sebagai pertahanan terakhir menahan *overpressure*.

2.3.8 Sea Water System

Evaporizer LNG menggunakan sejumlah besar air laut. Oleh karena itu, *water intake* dan peralatan *discharge* sangat dibutuhkan terutama dalam proses regasifikasi. Peralatan *water intake* untuk memindahkan barang-barang yang mengapung di dalam air, ikan, kerang dan dan mensterilkan air laut dalam rangka mencegah pipa air laut yang ke *vaporizer* dari sumbatan dalam kaitan dengan pertumbuhan kemumu (gangguan dari laut) dan kerang-kerangan. Peralatannya meliputi pompa air laut, parit/galian kecil masukan air, alat sterilisasi air laut /saringan, dan lubang saluran/galian kecil.

2.3.9 Nitrogen Plant

Peralatan nitrogen menghasilkan sebagian besar N₂ untuk tanki penyimpan LNG. Tekanan antara kulit luar dan dalam dari tanki perlu dirawat

agar tetap dalam tekanan positif kira-kira 50 mmAg. Jika tekanan jatuh karena perubahan tekanan udara, N₂ akan disalurkan dari *breathing* tank. Peralatan meliputi suatu tanki penyimpan N₂ cair, evaporizer N₂ cair.

2.3.10 Unit Metering

Peralatan *Metering* digunakan untuk mengukur penjualan gas yang dikirimkan terminal. Laju alir Penjualan gas yang dikirimkan diukur dengan kompensasi temperatur dan tekanan.

2.4 Manajemen Resiko

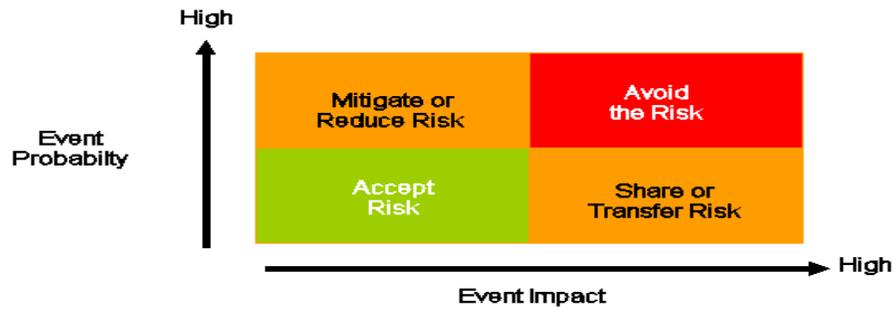
Manajemen resiko adalah suatu pendekatan terstruktur/metodologi dalam mengelola ketidakpastian yang berkaitan dengan ancaman; suatu rangkaian aktivitas manusia termasuk: Penilaian resiko, pengembangan strategi untuk mengelolanya dan mitigasi resiko dengan menggunakan pemberdayaan/pengelolaan sumberdaya. Strategi yang dapat diambil antara lain adalah memindahkan resiko kepada pihak lain, menghindari resiko, mengurangi efek negatif risiko, dan menampung sebagian atau semua konsekuensi resiko tertentu. Manajemen resiko tradisional terfokus pada resiko-resiko yang timbul oleh penyebab fisik atau legal (seperti bencana alam atau kebakaran, kematian, serta tuntutan hukum). Manajemen resiko keuangan, di sisi lain, terfokus pada resiko yang dapat dikelola dengan menggunakan instrumen-instrumen keuangan (Sadgrove, 2005).

Dalam perkembangannya resiko-resiko yang dibahas dalam manajemen resiko dapat diklasifikasi menjadi :

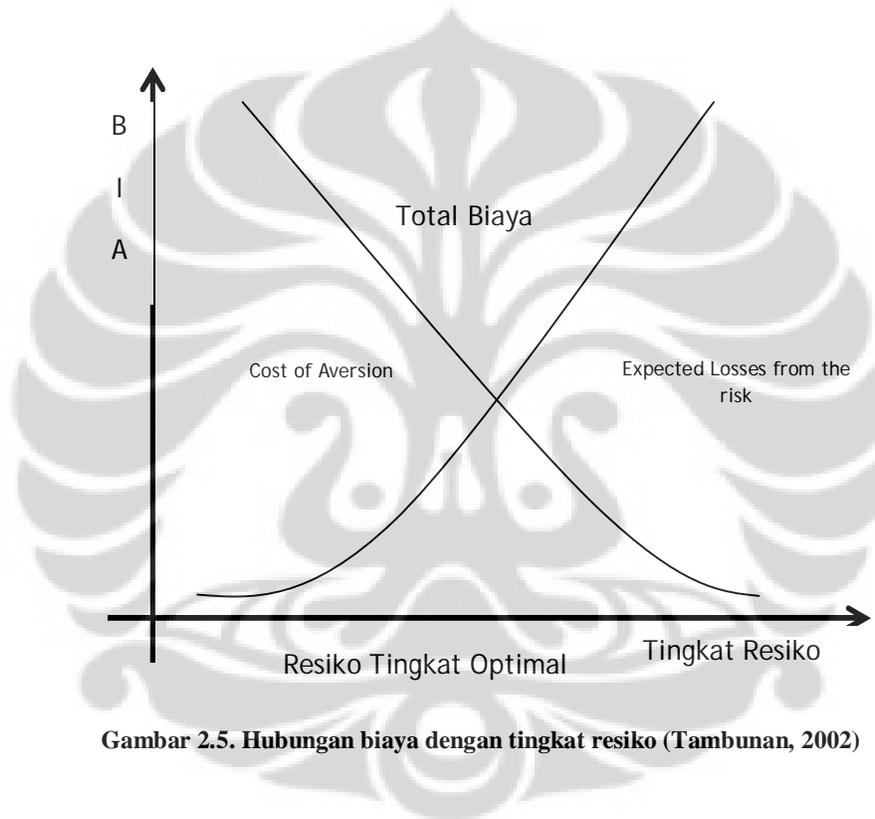
- Resiko Operasional
- Resiko Hazard
- Resiko Finansial
- Resiko Strategik

Hal ini menimbulkan ide untuk menerapkan pelaksanaan Manajemen Resiko Terintegrasi Korporasi (*Enterprise Risk Management*). Manajemen Resiko dimulai dari proses identifikasi resiko, penilaian resiko, mitigasi, monitoring dan evaluasi. Berikut ini adalah Gambar 2.3 tentang kemungkinan resiko terhadap

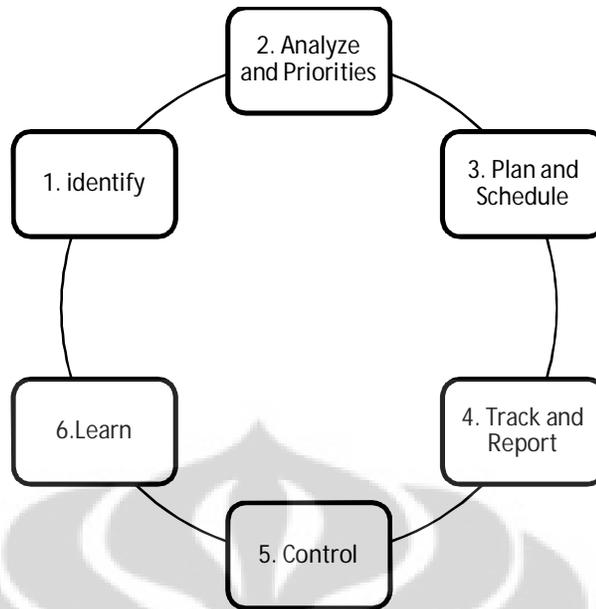
efek yang akan diterima.



Gambar 2.4. Event Probability versus Event Impact (Stern, 2008)



Gambar 2.5. Hubungan biaya dengan tingkat resiko (Tambunan, 2002)



Gambar 2.6. Proses Manajemen Resiko (Stern, 2008)

2.4.1. Resiko

Resiko adalah ketidakpastian akan terjadinya suatu peristiwa, baik itu peristiwa yang menguntungkan ataupun merugikan. Australian/ NZ Standard 4360 : 1999 mendefinisikan *Risk* sebagai “ *The chance of something happening that will have or impact upon objectives* (perubahan dari sesuatu yang terjadi yang akan mempunyai pengaruh terhadap tujuan).

Vaughan yang diterjemahkan oleh Herman Darmawi (1997: 18) mengemukakan beberapa definisi risiko sebagai berikut:

1. *Risk is the chance of loss* (risiko adalah kans kerugian).

Chance of Loss biasanya dipergunakan untuk menunjukkan suatu keadaan dimana terdapat suatu keterbukaan terhadap kerugian atau suatu kemungkinan Kerugian. sebaliknya jika disesuaikan dengan istilah yang dipakai dalam statistik, maka *chance* sering dipergunakan untuk menunjukkan tingkat probabilitas akan munculnya situasi tertentu.

2. *Risk is the possibility of loss* (risiko adalah kemungkinan kerugian).

Istilah *possibility* berarti bahwa probabilitas sesuatu peristiwa berada di antara nol dan satu. Definisi ini barangkali sangat mendekati dengan pengertian

risiko yang dipakai sehari-hari, akan tetapi definisi ini agak longgar, tidak cocok dipakai dalam analisis secara kuantitatif

3. *Risk is uncertainty* (risiko adalah ketidakpastian)

Tampaknya ada kesepakatan bahwa risiko berhubungan dengan ketidakpastian. Karena itulah ada penulis yang mengatakan bahwa risiko itu sama artinya dengan ketidakpastian.

Dari ketiga definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa risiko adalah sesuatu yang mengandung kemungkinan kerugian dan juga ketidakpastian.

Identifikasi risiko mencakup :

1. Unsur risiko (kejadian atau keadaan, *operational set up*, tujuan yang menghambat jenis risiko, sumber risiko baik internal maupun eksternal dan konsekuensi).
2. *Exposure analysis* , aktiva berisiko mencakup
 - a. *Financial asset* (kas, surat-menyurat berharga,kredit)
 - b. *Physical asset* (tanah, bangunan, peralatan)
 - c. *Human asset* (pengetahuan, keterampilan)
 - d. *Intangible asset* (reputasi, informasi)

Exposure analysis mencakup :

- *Size, type, portability, location*
 - Risiko kehilangan (pencurian, kebakaran, penanganan)
 - Risiko penurunan nilai
3. *Environmental analysis* (fisik, regulasi, kompetisi, pelanggan, pemasok, serikat kerja, teknologi) tentang kondisi saat ini dan kondisi mendatang.
 4. *Threat scenario*
Threat mencakup pencurian, kecurangan, bencana, kesalahan (*errors*), *omissions, delays*. *Scenario* menyangkut jenis ancaman, konsekuensi, dan bagaimana terjadinya.

2.4.2. Analisa dan Prioritas Resiko

Analisa dan aktifitas risiko dapat ditentukan dari :

1. Aktifitas Analisis risiko

Banyak teknik secara kuantitatif dan kualitatif untuk memenuhi prioritas dari suatu daftar risiko. Satu teknik mudah untuk analisis risiko akan

menggunakan perkiraan tim konsensus dua komponen resiko yang diterima, kemungkinan, dan dampak. Jumlah ini kemudian bisa dikalikan bersamasama untuk mengkalkulasi ekspose resiko disebut metrik tunggal.

2. Mengambil Kemungkinan Resiko

Kemungkinan resiko adalah suatu ukuran menyangkut kemungkinan yang menguraikan kondisi di dalam konsekuensi resiko dalam membagi statemen resiko akan benar-benar terjadi. Penggunaan suatu nilai kuantitatif untuk kemungkinan resiko adalah diinginkan untuk mengatur resiko.

3. Dampak Resiko

Dampak resiko adalah suatu perkiraan menyangkut efek dari kurang baiknya, atau besarnya kerugian, atau biaya yang memerlukan kesempatan potensi suatu resiko di dalam suatu proyek. Harusnya suatu ukuran yang langsung menyangkut konsekuensi resiko seperti dirumuskan dalam statemen resiko. Kejadian itu diukur di dalam terminologi keuangan atau dengan suatu skala pengukuran hubungan.

4. Mengambil Penjabaran Resiko

Mengambil penjabaran resiko berguna untuk mengukur keseluruhan ancaman dari resiko, mengkombinasikan informasi menyatakan kemungkinan dari kerugian nyata dengan informasi menyatakan besarnya kerugian dalam klasifikasi tunggal kemudian bisa menggunakan besarnya penjabaran resiko untuk digolongkan menjadi suatu resiko. Di dalam format yang paling sederhana dari analisis resiko kuantitatif, penjabaran resiko dihitung dengan perkalian kemungkinan resiko dan dampak.

Resiko adalah gabungan dari *likelihood* (*tingkat keseringan kemungkinan yang terjadi*) dan *Severity* (*Keparahan dari Resiko*) yang diramalkan dari hasil atau efek dari *Hazard*.

- *Likelihood* merupakan tingkat keseringan kemungkinan yang terjadi, ditentukan oleh bagaimana sering menghasilkan bahaya dapat diharapkan untuk terjadi, dimana sebagai patokan adalah situasi terburuk yang mungkin terjadi. Definisi *Likelihood* harus dikhususkan pada keadaan operasional.

Tabel 2.4. Penilaian *likelihood*

Score	Frequency	Description
1	Rare	This will probably never happen or recur
2	Unlikely	Do not expect it to happen or recur but it is possible it may do so
3	Possible	Might happen or recur occasionally
4	Likely	Will probably happen or recur, but it is not a persisting issue / circumstance
5	Almost Certain	Will undoubtedly happen or recur, possibly frequently.

- *Severity* merupakan tingkat keparahan yang diperkirakan dapat terjadi dari situasi bahaya, dimana sebagai patokan adalah situasi terburuk yang mungkin terjadi

Tabel 2.5. Penilaian *severity*

Keparahan risiko suatu peristiwa		
Definisi kualitatif	Arti	Nilai
<i>Catastrophic</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Peralatan hancur - Banyak kematian 	A
<i>Hazardous</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penurunan besar dari batas keselamatan, tekanan fisik atau beban kerja sedemikian rupa sehingga penyelenggara tidak dapat diandalkan untuk dapat melaksanakan tugas - Cedera serius atau kematian bagi sejumlah orang. - Kerusakan besar pada peralatan 	B
<i>Major</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penurunan signifikan dari batas keselamatan, berkurangnya kemampuan penyelenggara dalam menghadapi kondisi operasi yang sulit sebagai akibat dari peningkatan beban kerja, atau sebagai akibat dari kondisi yang mempengaruhi efisiensi penyelenggara tersebut. - Insiden serius. - Cidera pada manusia. 	C
<i>Minor</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Gangguan. - Keterbatasan operasi. - Penggunaan prosedur darurat. - Insiden kecil. 	D
<i>Negligible</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Konsekuensi kecil 	E

- Probabilitas

Probabilitas adalah kemungkinan terjadinya situasi yang membahayakan.

Tabel 2.5. penilaian probabilitas

Probabilitas Kejadian		
Definisi kualitatif	Arti	Nilai
<i>Frequent</i>	Mungkin terjadi berkali-kali (telah berulang kali terjadi)	5
<i>Occasional</i>	Mungkin terjadi beberapa kali (telah beberapa kali terjadi)	4
<i>Remote</i>	Kemungkinan kecil, tetapi bisa terjadi (telah terjadi tapi jarang)	3
<i>Improbable</i>	Sangat kecil kemungkinannya terjadi (belum pernah diketahui terjadi)	2
<i>Extremely improbable</i>	Hampir tidak mungkin terjadi	1

2.4.3. Hazard Identification (HAZID)

Identifikasi bahaya (*Hazard Identification*) adalah analisa pencegahan terjadinya bahaya pada instalasi industri/pabrik yang dilakukan dengan memperhatikan keseluruhan aspek yang ada didalamnya.

Keseluruhan aspek dari instalasi industri/pabrik itu adalah:

- Data informasi instalasi industri (PFD, P&ID, *Lay Out*, data meteorologi, data sosial kultural masyarakat sekitar, catatan peristiwa)
- Lokasi (fasilitas operasi, fasilitas pendukung)
- Resiko (SDM, lingkungan, aset, *image*)
- Faktor Pemicu Bahaya (proses operasi, transportasi, geografis dan meteorologi, sosial kultural)
- Potensi Bahaya (kebakaran dan ledakan besar, tenggelam, pencemaran lingkungan)

Tabel 2.6. Parameter HAZID dalam memperhitungkan efek bahaya

Parameter	<i>Major</i>	<i>Minor</i>	<i>Severe</i>
Sumber Daya Manusia	Tidak ada kecelakaan	Kecelakaan tidak fatal	Kecelakaan fatal
Aset	Kerugian lebih rendah dari US\$ 100,000	Kerugian diantara US\$ 100,000 s/d 1,000,000	Kerugian lebih besar dari US\$ 1,000,000
Lingkungan	Tidak ada kerusakan lingkungan	Kerusakan kecil pada lingkungan	Kerusakan besar pada lingkungan

Tabel 2.7. Parameter HAZID dalam memperhitungkan frekuensi bahaya (tingkat kemungkinan bahaya)

	MOST	LIKELY	UNLIKELY
Frekuensi Bahaya	Lebih dari 10 kali dalam 10 tahun	Diantara 1 s/d 10 kali dalam 10 tahun	Kurang dari 1 kali dalam 10 tahun

2.5. Value Engineering

Adapun teori-teori mengenai *Value Engineering* adalah sebagai berikut :

2.5.1. Sejarah dan Perkembangan *Value Engineering*

Value Engineering berkembang setelah perang dunia ke II. Ketika terjadi krisis sumber daya, sehingga memerlukan suatu perubahan dalam metode, material, dan desain tradisional. Awal perang dunia ke II General Company USA yang dipelopori oleh L.D Miles melakukan konsep *Value Engineering* sewaktu melayani kebutuhan peralatan perang dalam jumlah yang besar, dan ditujuka pertama-tama untuk biaya yang ekonomis bagi suatu produk.

Pada tahun 1962, *Value Engineering* menjadi suatu persyaratan yang diwajibkan dalam peraturan pengadaan angkatan bersenjata *Armed Services Procurement Regulation* (ASPR). Perubahan dalam ASPR ini telah memperkenalkan *Value Engineering* dalam dua badan konstruksi yang terbesar di Amerika yaitu Korps Insinyur Tentara Amerika (*US Navy Bureau of Yards and Docks*). Selama tahun 1960 sampai 1970, beberapa instansi pemerintah serta kewenangan hukum lainnya telah memberlakukan *Value Engineering*, termasuk

biro reklaasi, badan aeronautika dan ruang angkasa nasional (NASA) (Hary.S. Tambunan,2002).

2.5.2 Definisi Value Engineering

Value Engineering adalah suatu teknik manajemen yang telah teruji yang menggunakan pendekatan sistematis dan suatu upaya yang diatur sedemikian rupa untuk menganalisa fungsi suatu item/ masalah atau sistem dengan tujuan memperoleh fungsi yang diminta dengan biaya kepemilikan total paling kecil yang disesuaikan dengan persyaratan permintaan penampilan, rehabilitas, kualitas, dan kemudahan untuk pemeliharaan proyek (Rochmanhadi.1992). Teknik *Value Engineering* mempunyai pendekatan terstruktur dan sistematis dalam pengevaluasian serta pengembangan suatu produk atau proyek, yang pada akhirnya akan meningkatkan nilai produk atau proyek tersebut, disertai dengan peningkatan pendapatan yang diinginkan.

2.5.3. Pengertian Value Engineering, Nilai, Biaya, dan Fungsi

Value Engineering bukan hanya sekedar menganalisis biaya, tetapi mempunyai pengertian sebagai berikut (Tambunan,2002).

Value Engineering adalah :

1. Orientasi Sistem (*System Oriented*) rencana kerja formal untuk mengidentifikasi dan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu (*Unnecessary Costs*).
2. Pendekatan multi disiplin kelompok (*Multidisiplined Team Approach*) tim yang terdiri dari perencana-perencana berpengalaman dan konsultan *Value Engineering*.
3. *Life Cycle Oriented* memperhitungkan total biaya dalam jangka waktu siklus proyek, termasuk total biaya untuk memilki dan mengoperasikan fasilitas.
4. Teknik manajemen yang telah terbukti kebenarannya (*A Proven Manajemen Technique*)
5. Orientasi fungsional (*Function Oriented*) menghubungkan fungsi yang diinginkan dengan nilai yang diterima.

Value Engineering bukanlah :

1. Koreksi desain (*Design Review*), *Value Engineering* tidak bermaksud mengoreksi kekurangan-kekurangan dalam desain, juga tidak bermaksud mengoreksi perhitungan-perhitungan yang dibuat oleh perencana.
2. Proses membuat murah (*A Cheaping Proses*), *Value Engineering* tidak mengurangi/memotong biaya dengan mengorbankan keadaan dan perfoma yang diperlukan.

3. Sebuah keperluan yang dilakukan pada seluruh desain (*A Requirement done on All Design*), *Value Engineering* bukanlah merupakan bagian dari jadwal peninjauan kembali dan perencana, tetapi merupakan analisis biaya dan fungsi.
4. Kontrol kualitas (*Quality Control*), *Value Engineering* lebih dari sekedar peninjauan kembali status gagal dan aman sebuah hasil desain.

Untuk dapat memahami *Value Engineering* lebih mendalam perlu meletakkan pengertian mengenai arti nilai, biaya, dan fungsi. *Value Engineering* memusatkan analisis pada masalah nilai terhadap fungsinya, bukan sekedar analisis biaya tetapi dicari biaya terendah yang dapat memenuhi fungsinya (Tambunan,2002).

1. Nilai

Nilai (*Value*) mempunyai arti yang sulit dibedakan dengan biaya (*Cost*) atau harga (*Price*). Nilai mengandung arti subyektif, apalagi bila dihubungkan dengan moral, etika, sosial, ekonomi, dan lain-lain. Perbedaan pengertian antar nilai dan biaya adalah:

- a. Ukuran nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaan sedangkan harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya atau harga komponen-komponen yang membentuk barang tersebut.
- b. Ukuran nilai condong ke arah subyektif sedangkan biaya tergantung kepada angka (*monetary value*) pengeluaran yang telah dilakukan untuk mewujudkan barang tersebut.

2. Biaya

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengalaman yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi dan aplikasi produk. Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, reabilitas, dan maintainability karena akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai.

3. Fungsi

Pemahaman akan arti fungsi amat penting, karena fungsi akan menjadi objek utama dalam hubungannya dengan biaya. Fungsi dapat dibagi menjadi 2 kategori :

- a. Fungsi dasar yaitu suatu alasan pokok sistem itu terwujud.
- b. Fungsi kedua (*secondary function*) yaitu kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya.

Adapun hubungan antara nilai, biaya, dan fungsi dijabarkan dengan memakai rumus-rumus berikut:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Fungsi}}{\text{Biaya}} \text{ atau } \text{Nilai} = \frac{\text{Manfaat}}{\text{Biaya}} \quad (2.1)$$

2.5.4. Dasar Pertimbangan Melakukan Studi *Value Engineering*

Desainer atau konsultan dalam melakukan desainnya sering terjadi ketidaksesuaian faham dengan pemilik proyek (*owner*) antara permintaan pemilik dan terjemahan desainer akan permintaan-permintaan itu kedalam rencana serta spesifikasi pekerjaannya, sehingga banyak terjadi biaya-biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*).

Diantara sebab-sebab terjadinya biaya tidak perlu yang beraneka ragam termasuk, diantaranya yang menonjol adalah (Tambunan,2002) :

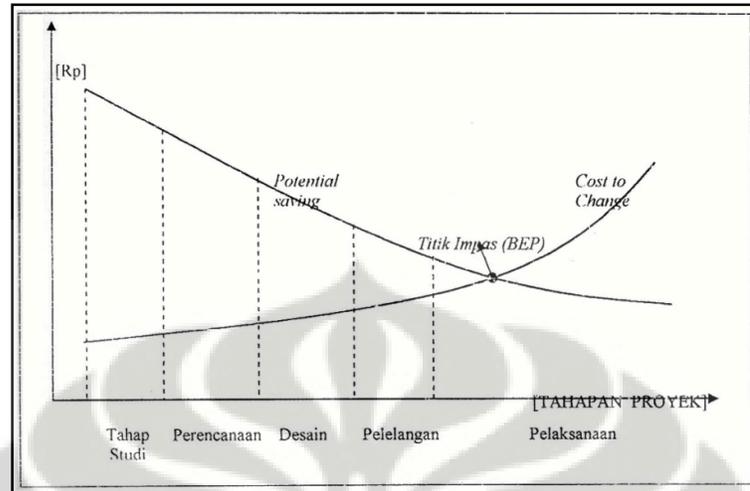
1. Kekurangan Waktu
Setiap desainer harus menyerahkan hasil kinerjanya dibatasi oleh waktu. Kalau tidak, reputasinya akan jatuh. Artinya dengan kata lain desainer tidak mempunyai cukup waktu untuk membuat alternatif, dengan cara perbandingan biaya misalnya untuk mencapai suatu hasil yang dianggap paling baik.
2. Kurangnya Informasi
Kemajuan teknologi saat ini sangat pesat. Produk-produk dan informasi-informasi baru masuk ke pasaran sangat cepat. Tidak mungkin seseorang selalu mengikuti perubahan ini, dan tidak mungkin pula kita bisa langsung percaya pada produk-produk dan informasi baru ini.
3. Kurangnya Ide
Spesialisasi sarjana itu bermacam-macam, tidak seorangpun dapat menyelesaikan semua masalah. Menggabungkan pemikiran orang banyak menjadi satu keputusan yang baik itulah masalahnya.

2.5.5. Waktu Penerapan *Value Engineering*

Penerapan rekayasa nilai (*Value Engineering*)) harus diusahakan pada tahap konsep perencanaan. Sebab mempunyai fleksibilitas yang maksimal untuk mengadakan perubahan-perubahan tanpa menimbulkan biaya tambahan untuk perencanaan ulang. Dengan berkembangnya proses perencanaan, biaya untuk mengadakan perubahan-perubahan akan bertambah, sampai akhirnya sampai pada suatu titik yang tidak mempunyai penghematan yang dapat dicapai, seperti dijelaskan dalam Gambar 2.7 (Tambunan,2002).

Dalam Gambar 2.7 di bawah dijelaskan bahwa potensi penghematan (*potensial*

savings) habis oleh biaya untuk mengadakan perencanaan baru (*redesigning*), pemesanan kembali (*reordering*) dan pembuatan penjadwalan baru (*reschedulling*).



Gambar 2.7. Potensi penghematan oleh Value Engineering (Tadjuddin BMA, 1998).

Menurut Tadjuddin BMA (1998), gambaran tentang penghematan selama berlangsungnya proyek dapat dilihat pada Gambar 2.6 Value Engineering, dapat diterapkan dari awal konsep biaya sampai dengan masa pelelangan. Penggunaan rekayasa nilai jika semakin dekat dengan titik impas maka proyek akan mengalami kerugian karena adanya kehilangan *potensial saving*. Dari gambar tersebut terlihat garis potensial penghematan (*potential saving*) akan semakin turun. Dengan berkembangnya proses kegiatan proyek tersebut dengan biaya- biaya yang ada (*cost to change*) akan semakin naik. Potensi penghematan akan terus turun sesuai dengan perubahan-perubahan perencanaan baru dalam pelaksanaan proyek.

2.5.6. Teknik Value Engineering

Agar *Value Engineering* memperoleh hasil yang diharapkan, perlu digunakan teknik- teknik tertentu yang didasarkan atas pengertian bahwa *Value Engineering* banyak berurusan langsung dengan sikap dan perilaku manusia, juga dengan masalah- masalah pengambilan keputusan dan pemecahan persoalan. Teknik ini terutama digunakan untuk pekerjaan *desain engineering* pada awal proyek. Para ahli semula berpendapat bahwa proyek tersebut sudah merupakan alternatif yang terbaik. Di antara teknik-teknik tersebut yang terpenting adalah sebagai berikut:

1. **Bekerja atas Dasar Spesifik**

Semua pekerjaan diarahkan dengan menggunakan analisis persoalan pada bagian-bagian atau area yang spesifik. Pilih suatu area tertentu untuk dipelajari secara mendalam, konsentrasikan kepada persoalan ini sampai menjumpai inti masalah, kemudian disusun suatu usulan atau alternatif. Usulan yang bersifat umum akan mudah dibantah atau disanggah. Sebaliknya, bila masalah khusus didukung oleh fakta-fakta akan mengundang tanggapan yang masalah khusus didukung oleh fakta-fakta akan mengundang tanggapan yang positif.

2. **Dapatkan Informasi dari Sumber Terbaik**

Untuk mendapatkan sumber informasi yang tepat dan terbaik, diusahakan dari berbagai sumber, kemudian mengkaji dan menyaringnya. Pada saat tingkat perkembangan ilmu dan teknologi yang demikian tinggi, para spesialislah yang dianggap mengetahui hal-hal yang bersifat khusus. Oleh karena itu, mereka dapat dianggap sebagai sumber terbaik untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan.

3. **Hubungan Antar manusia**

Hubungan antar manusia sama bobotnya dengan penguasaan aspek teknis. Keberhasilan program *Value Engineering* tergantung kepada pengertian dasar hubungan antar manusia, bagaimana bekerjasama dengan semua pihak yang akan ikut berperan. Pentingnya hubungan tersebut tergantung dari besarnya derajat ketergantungan terhadap masing-masing pihak. Dalam kegiatan *Value Engineering*, derajat ketergantungan relatif tinggi, sehingga penguasaan hubungan yang baik akan amat menentukan keberhasilan program *Value Engineering*.

4. **Kerjasama Tim**

Sifat dari *Value Engineering* memerlukan usaha bersama dari berbagai pihak, maka proses *Value Engineering* dilakukan oleh suatu tim. Menyusun suatu tim *Value Engineering* yang dapat bekerja efektif sama pentingnya dengan proses itu sendiri. Dalam hal ini, minimal 4 kriteria yang perlu diperhatikan, yaitu disiplin yang diwakili, peranan, jumlah anggota, dan kompetensi masing-masing anggota yang bersangkutan. Jenis obyek (masalah) menentukan komposisi disiplin yang disertai tugas untuk menanganinya. Bila tim *Value Engineering* disusun dari tenaga-tenaga di dalam perusahaan yang bersangkutan (bukan dari konsultan) umumnya komposisi tersebut terdiri dari hal-hal berikut ini.

- a. Mereka yang memiliki masalah

- b. Mereka yang ditugaskan memecahkan masalah.
- c. Mereka yang terkena dampak pemecahan masalah.

5. Mengatasi Rintangan

Rintangan merupakan hal yang tidak asing dalam proses menuju kemajuan. Misalnya usaha melakukan perubahan pekerjaan sehari-hari yang telah terbiasa dalam kurun waktu yang lama, umumnya akan mengalami tantangan atau hambatan. Untuk menghadapinya, prosedur *Value Engineering* disusun sebagai berikut:

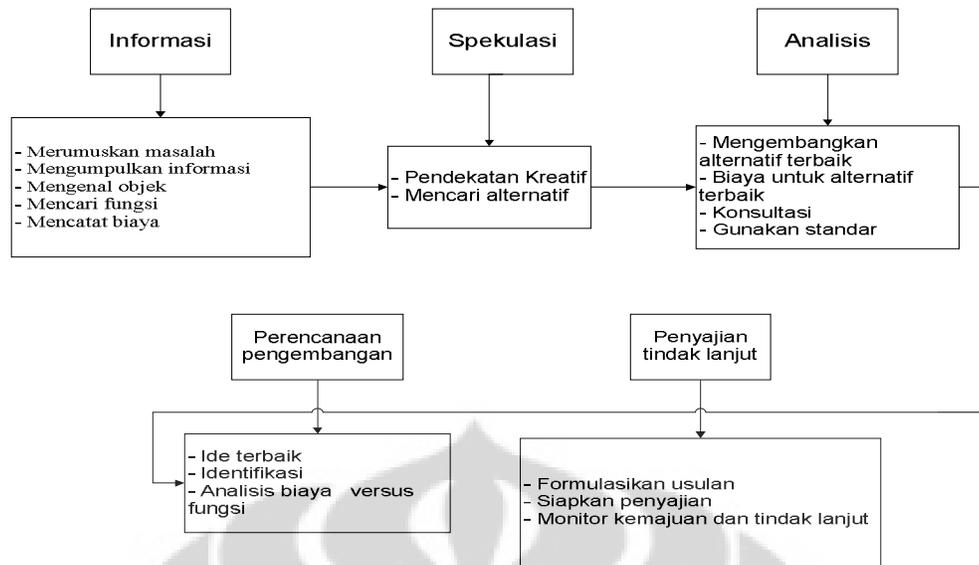
- a. Dikaji apakah rintangan kemungkinan besar akan terjadi atau hanya imajinasi.
- b. Bila kemungkinan besar akan terjadi, rintangan dianalisis lebih jauh dan ditentukan tindakan yang diperlukan untuk mengatasinya.

Pengkajian yang sistematis dan seksama dengan mengklasifikasi jenis dan sebab rintangan, akan mempermudah mengambil langkah-langkah untuk mengatasinya.

2.5.7. Rencana Kerja *Value Engineering* (*Value Engineering Job Plan*)

Proses pelaksanaan *Value Engineering* mengikuti suatu metodologi berupa langkah-langkah yang tersusun secara sistematis. Menurut Imam Soeharto (1997), langkah-langkah yang tersusun secara sistematis ini lebih dikenal dengan "Rencana Kerja *Value Engineering* (RK-VE) atau *Value Engineering Job Plan*". Terdapat bermacam-macam istilah pada pakar tersebut, namun secara umum pada prinsipnya mempunyai cara kerja yang sama.

Masing-masing tahapan *Value Engineering* akan dibahas lebih detail agar diperoleh pengertian tentang RK-VE yang lebih baik. Ada 6 (enam) tahap RK-VE yaitu: tahap informasi, tahap analisis fungsi, tahap kreatif, tahap penilaian, tahap pengembangan dan tahap rekomendasi. Secara garis besar dapat dinyatakan pada gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8. Langkah- langkah proses Value Engineering (Hary.S. Tambunan,2002).

Menurut Zimmerman (1982), tahap informasi ditujukan untuk mendapatkan informasi seoptimal mungkin dari tahap desain suatu proyek. Informasi tersebut antara lain berupa latar belakang yang memberikan informasi yang membawa kepada desain proyek, asumsi-asumsi yang digunakan, dan sensitivitas dari biaya untuk pemilikan dan pemanfaatan suatu bangunan.

Menurut Isola (1982), pada saat pengumpulan informasi beberapa pertanyaan perlu mendapat jawaban seperti :

- Apakah ini ?, akan membawa kepada *fitrah* atau *nature* dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- Apa yang dikerjakannya ?, akan membawa kepada peran atau fungsi pada umumnya dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- Apa yang harus dikerjakannya ?, akan membawa kepada fungsi primer dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya atau merupakan alasan dasar diadakannya proyek tersebut.
- Berapa biayanya ?, akan membawa kepada biaya produksi atau pelaksanaan dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- Berapakah nilainya ?, akan membawa kepada penghargaan atas manfaat yang akan didapat dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen- komponennnya oleh klien atau dalam hal ini pemilik proyek.

Mengenai “nilai” ini perlu lebih dijelaskan karena sering ditemui

dalam *Value Engineering*, maka menurut pendapat Thuesen (1993), nilai adalah ukuran penghargaan yang diberikan oleh seseorang kepada suatu barang atau jasa. Penghargaan ini mengacu kepada kepuasan yang akan didapat oleh seseorang atas barang atau jasa tersebut. Jadi tidak sepenuhnya melekat pada barang atau jasa itu, dan penghargaannya sangat bergantung kepada seseorang atas kepuasan yang didapatnya.

Faedah atau manfaat adalah ukuran kemampuan suatu barang atau jasa untuk memuaskan keinginan seseorang. Sebaliknya dari pada nilai, maka faedah melekat pada barang atau jasa. Dalam Rekayasa Nilai, faedah atau manfaat diidentifikasi dengan fungsi dari barang atau jasa tersebut.

Output dari tahap informasi ini adalah berupa perkiraan biaya untuk melakukan fungsi dasar. Perkiraan biaya fungsi dasar ini kemudian dibandingkan dengan taksiran bagian dari seluruh bagian. Bila biaya seluruh bagian jauh melebihi biaya fungsi dasar, kemungkinan besar peningkatan nilai bisa dilakukan.

2.5.8. Tahap Analisis Fungsi (*Function Analysis Phase*)

a. Pengertian Fungsi

Pendekatan fungsional mengandung pengertian bahwa uraian, kajian dan analisis yang akan dilakukan terhadap suatu proyek, akan mengacu kepada aspek fungsi dari proyek tersebut. Menurut Sabrang (1998), fungsi dari sesuatu adalah peran sesuatu tersebut dalam sistem yang melingkupinya. Perannya atau kegiatan yang terjadi dalam proyek tersebut adalah untuk mendukung tercapainya tujuan sistem yang melingkupinya.

Misalnya sebuah bangunan jembatan didesain dengan tujuan agar pemakai jembatan yang berada di atasnya dapat terjamin keamanan dan kenyamanannya, maka bangunan bawah jembatan harus mampu mendukung bangunan atas jembatan dan bangunan atas jembatan harus mampu menahan beban lalu-lintas serta dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jembatan.

Menurut Mitchell (1982), pendekatan fungsional ini sangat strategis bagi *Value Engineering* karena pendekatan ini akan membedakan dengan teknik penghematan biaya yang lain. Seperti yang telah dikatakan oleh Thuesen (1993), bahwa dalam *Value Engineering* faedah diidentifikasi dengan fungsi dari pada

barang atau jasa tersebut. Maka fungsi melekat pada barang atau jasa itu sendiri. Menurut Mitchell (1982), fungsi suatu barang atau jasa merupakan jawaban atas pertanyaan “*dapat melakukan apa benda atau barang atau jasa tersebut*”, dan menurut Hario Sabrang (1998) hal tersebut diidentifikasi dengan dua kata yaitu kata kerja dan kata benda.

Fungsi yang ditetapkan sebagai alasan dasar diadakannya suatu barang atau jasa disebut fungsi primer, dan akan menjawab pertanyaan “*apa yang harus dilakukan*” oleh barang atau jasa tersebut. Misalnya pintu kamar tidur, pertama harus mengendalikan akses visual, ini fungsi primer ke-1, kedua harus mengendalikan akses audio, ini fungsi primer ke-2, ketiga mengendalikan akses aroma, ini fungsi primer ke-3, dan seterusnya. Hal ini akan menjawab pertanyaan “*apa yang harus dilakukan*”, ini merupakan kriteria dalam pintu kamar tidur tersebut.

Selain fungsi primer, ada pula fungsi sekunder. Fungsi sekunder suatu barang atau jasa sangat situasional serta kondisional dan bergantung kepada pembeli atau pemanfaatannya, sehingga bisa banyak dan berbagai ragam.

b. Diagram FAST

FAST merupakan singkatan untuk *Function Analysis System Technique*. FAST merupakan alat bantu yang menggambarkan secara grafik hubungan logik fungsi suatu elemen, subsistem, atau fasilitas. Diagram FAST merupakan suatu diagram blok yang didasarkan atas jawaban-jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan “Mengapa?” dan “Bagaimana?” untuk item yang sedang ditinjau. Diagram FAST paling sesuai digunakan pada sistem-sistem yang kompleks untuk menggambarkan secara jelas fungsi dasar dan fungsi sekunder suatu sistem tertentu.

2.5.9. Tahap Kreatif (*Creative Phase*)

Tahap kreatif adalah kemampuan untuk membentuk kombinasi baru dari dua konsep atau lebih yang sudah ada dalam pikiran. Untuk itu diperlukan kemampuan berpikir secara lateral dan dalam pelaksanaannya dapat digunakan teknik *brainstorming*, yang merupakan upaya mendorong timbulnya ide-ide sebagai alternatif melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan. Kata kunci adalah “apa saja yang dapat melaksanakan fungsi yang ditetapkan?” untuk mengatasi

kendala-kendala dalam melaksanakan kreativitas diperlukan berbagai sikap, seperti kepekaan terhadap masalah, keterbukaan, kelancaran, dan fleksibilitas dalam berpikir (Hario Sabrang, 1998).

Menurut De Bono (1982), terdapat dua cara berfikir secara vertikal dan berfikir secara lateral. Berfikir secara vertikal mendasarkan kepada logika, dan disebut vertikal karena ada kontinuitas berfikir dari satu tahap ke tahap berikutnya. Disamping logika dan kontinuitas secara vertikal bersifat memilih dan menilai.

Dalam memilih ini tentulah perlu berbagai alternatif. Untuk menciptakan alternatif-alternatif inilah digunakan berfikir secara lateral. Berfikir secara lateral selalu siap dengan pertanyaan-pertanyaan seperti “apa sajakah yang bisa menggantikan cara-cara lama yang biasa dilakukannya?”.

Menurut Rawlinson (1981), teknik *brainstorming* atau sumbang saran adalah suatu cara untuk mendapatkan banyak ide dari sekelompok orang dalam waktu yang singkat. Waktu yang singkat itu antara 20 menit dengan hasil 100 ide sampai dengan 225 menit dengan hasil 1200 ide.

Berfikir secara vertikal akan memilih dan menilai alternatif-alternatif yang telah dihasilkan oleh berfikir secara lateral, dan mengembangkan untuk mendapatkan solusi yang paling optimal. Dalam mengembangkan alternatif yang telah terpilih, tetap terbuka masuknya berfikir secara lateral, sehingga akan mendapatkan solusi yang total optimal (De Bono, 1982).

Menurut Munandar (1985) dalam uraiannya menyatakan bahwa definisi kreativitas adalah kemampuan untuk membentuk kombinasi baru dari dua konsep atau lebih yang sudah ada dalam pikiran.

Menurut Rawlinson (1981) kreativitas adalah kemampuan untuk mengkombinasikan hal-hal yang semula tidak ada kaitannya, untuk memenuhi suatu fungsi tertentu. Dalam konsep kreativitas De Bono, fungsi ini merupakan acuan sudut pandang dari berbagai hal atau data, kombinasi yang dapat dibentuk akan bermacam-macam, namun kombinasi tersebut harus mengacu kepada fungsi yang sama. Dari hal itu, pada tahap kreatif ini diharapkan dapat menghasilkan alternatif-alternatif atau ide baru dari hal-hal yang telah ditetapkan pada tahap pengecekan kelayakan, untuk dilakukan *Value Engineering*.

Menurut Munandar (1985), dalam uraiannya pada Makalah Lokakarya

Creative Problem Solving menyatakan bahwa pemikiran kreatif dapat dilakukan bilamana seseorang atau suatu kelompok mempunyai sikap sebagai berikut:

- a. Kepekaan terhadap masalah, kemampuan untuk melihat masalah yang orang lain belum melihatnya, dapat melihat kekurangan, kelemahan atau kesalahan pada suatu objek atau intuisi.
- b. Kelancaran dalam berfikir, kemampuan untuk mencetuskan banyak gagasan yang mengarah pada pencapaian tujuan atau penyelesaian masalah.
- c. Fleksibilitas dalam berfikir, kemampuan untuk memberikan gagasan yang bervariasi, bebas dari kekakuan, dan persersasi.
- d. Originalitas dalam berfikir, kemampuan-kemampuan untuk memberikan jawaban/gagasan yang tidak biasa, yang jarang diberikan oleh orang lain. Menghadapi masalah dapat melihat asosiasi yang jauh, dapat melepaskan diri dari keterikatan objek atau situasi.
- e. Kemampuan melakukan redefinisi, untuk memberi arti pada objek atau masalah, dengan melepaskan interpretasi yang lama, yang biasa, untuk dapat menggunakan dengan cara yang baru.
- f. Kemampuan melakukan elaborasi, untuk mengembangkan suatu ide, konsep atau objek, memperkaya gagasan, memperinci gagasan dalam bentuk detail- detailnya.

Adapun hambatan untuk berfikir menurut Utami Munandar (1985) dalam uraiannya pada makalah yang sama menyatakan :

- a. Hambatan persepsi, yang timbul dalam pengamatan masalah untuk pertama kali.
- b. Hambatan emosional, diwarnai dan membatasi bagaimana kita melihat, dan bagaimana kita berfikir tentang suatu masalah.
- c. Hambatan kebudayaan, diperoleh dari pola-pala kebudayaan tertentu.
- d. Hambatan imajinasi, menghadapi kebebasan dalam mengeksplorasi dan memanipulasi gagasan-gagasan.
- e. Hambatan intelektual, timbul bila dihimpun, dirumuskan atau diolah secara tidak benar.
- f. Hambatan ekspresi, membatasi konseptualisasi pada tahap terakhir dari ungkapan gagasan.
- g. Hambatan lingkungan, yang berasal dari lingkungan dekat sosial dan fisik.

2.5.10. Fase Evaluasi/Analisis

Gagasan yang muncul selama Fase Spekulatif/Kreatif disaring dan dievaluasi oleh tim. Gagasan yang memiliki potensi penghematan biaya dan

peningkatan mutu proyek dipilih untuk ditelaah lebih lanjut pada Fase Evaluasi ini.

2.5.11. Fase Pengembangan/Rekomendasi

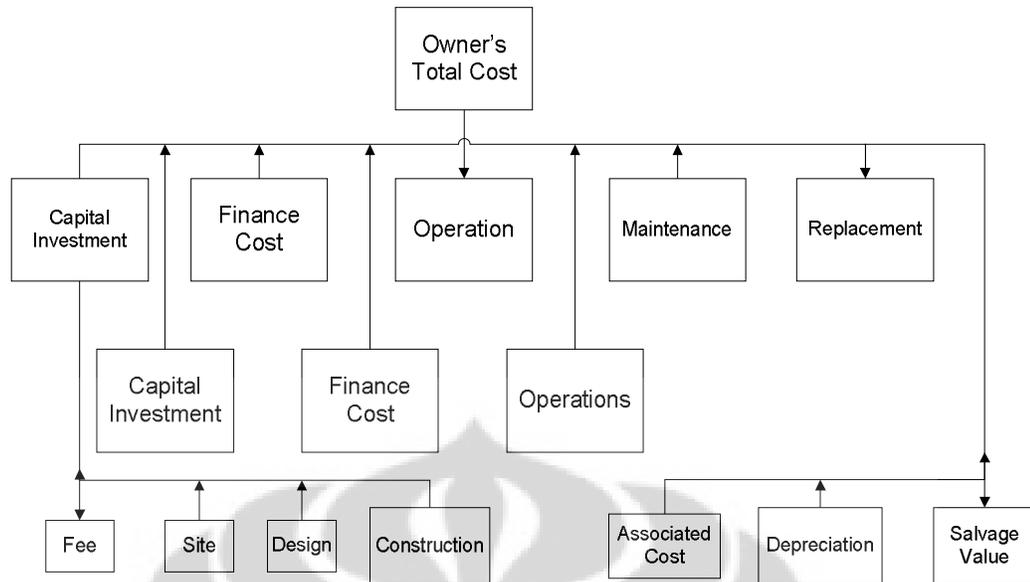
Pada fase ini, Tim *Value Engineering* menelaah gagasan atau alternatif yang terpilih dan menyiapkan deskripsi, gambar-gambar dan estimasi *life cycle cost* terkait yang mendukung rekomendasi yang diajukan sebagai proposal *Value Engineering* yang resmi.

Life cycle cost (LCC) merupakan seluruh biaya yang signifikan yang tercakup di dalam pemilikan dan penggunaan suatu benda, sistem atau jasa sepanjang suatu waktu yang ditentukan. Periode waktu yang digunakan adalah masa guna efektif yang direncanakan untuk fasilitas yang bersangkutan. Analisis LCC dilakukan untuk menentukan alternatif dengan biaya paling rendah. Di dalam *Value Engineering* seluruh gagasan dapat dibandingkan atas dasar LCC bila seluruh alternatif di definisikan untuk menghasilkan fungsi dasar atau sekumpulan fungsi yang sama. Selain fungsi yang sebanding, analisis ekonomi mensyaratkan bahwa alternatif-alternatif dipertimbangkan atas dasar kesamaan kerangka waktu, kuantitas, tingkat kualitas, tingkat pelayanan, kondisi ekonomi, kondisi pasar, dan kondisi operasi.

Elemen-elemen biaya yang diperhitungkan meliputi (PBS, 1992):

- a. Biaya Awal (*Initial Costs*):
 - (1) Biaya Bangunan/Produk (*Item Cost*): merupakan biaya untuk memproduksi atau membangun produk/bangunan yang bersangkutan.
 - (2) Biaya Pengembangan (*Development Cost*): merupakan biaya-biaya yang terkait dengan desain, pengujian, prototype, dan model.
 - (3) Biaya Implementasi (*Implementation Cost*): merupakan biaya yang diantisipasi ada setelah gagasan disetujui, seperti: desain ulang, inspeksi, pengujian, administrasi kontrak, pelatihan, dan dokumentasi.
 - (4) Biaya Lain-lain (*Miscellaneous Cost*): merupakan biaya yang tergantung dari produk/bangunan yang bersangkutan, termasuk biaya peralatan yang diadakan oleh pemilik, pendanaan, lisensi dan biaya jasa (*fee*), dan pengeluaran sesaat lainnya.
- b. Biaya Tahunan (*Annual Recurring Costs*):

- (1) Biaya Operasi (*Operation Cost*): meliputi pengeluaran tahunan yang diperkirakan yang berhubungan dengan produk/bangunan tersebut seperti untuk utilitas, bahan bakar, perawatan, asuransi, pajak, biaya jasa (*fee*) lainnya, dan buruh.
 - (2) Biaya Pemeliharaan (*Maintenance Cost*): meliputi pengeluaran tahunan untuk perawatan dan pemeliharaan preventif terjadwal untuk suatu produk/bangunan agar tetap berada dalam kondisi dapat dioperasikan.
 - (3) Biaya-biaya Berulang Lainnya (*Other Recurring Costs*): meliputi biaya-biaya untuk penggunaan tahunan peralatan yang terkait dengan suatu produk/bangunan dan juga biaya pendukung tahunan untuk *management overhead*.
- c. Biaya Tidak Berulang (*Nonrecurring Cost*):
- (1) Biaya Perbaikan dan Penggantian (*Repair and Replacement Cost*): merupakan biaya yang diperkirakan atas dasar kerusakan dan penggantian yang diprediksi dari komponen-komponen sistem utama, biaya-biaya perubahan yang diprediksi untuk kategori-kategori ruang yang berhubungan dengan frekuensi perpindahan, perbaikan modal yang diprediksi perlu untuk pemenuhan standard sistem pada suatu waktu tertentu. Biaya yang diperkirakan tersebut adalah untuk suatu tahun tertentu di masa yang akan datang.
 - (2) Nilai Sisa (*Salvage*): Nilai sisa (*salvage value*) sering disebut sebagai *residual value*. Nilai sisa merupakan nilai pasar atau nilai guna yang tersisa dari suatu produk/bangunan pada akhir masa layan yang dipilih dalam LCC. Skema elemen-elemen biaya yang diperhitungkan di dalam *life cycle cost* diperlihatkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9. *life cycle cost* (Isola, 1982)

2.5.12. Penerapan *Value Engineering* di Dalam Industri Konstruksi

Di dalam industri konstruksi *Value Engineering* diterapkan terutama pada desain dan pelaksanaan konstruksi, baik untuk fasilitas yang baru maupun untuk perbaikan dan perubahan pada fasilitas yang ada.

Penggunaan *Value Engineering* untuk konstruksi berkembang di lingkungan pemerintahan Amerika Serikat pada awal tahun 1960-an. Pada akhir tahun 1960-an, pada saat dimana jaringan jalan raya dikembangkan secara signifikan di AS, *Value Engineering* mulai diterapkan pada proyek-proyek jalan yang dibiayai oleh pemerintah. *Navy Facilities Engineering* menerapkan *Value Engineering* pada tahun 1963, dan pada tahun 1965 klausul insentif *Value Engineering* mulai dimasukkan dalam kontrak-kontrak konstruksi di negara tersebut. Berkembangnya perhatian terhadap *Value Engineering* didasari keyakinan bahwa *Value Engineering* dapat meningkatkan *cost-effectiveness* proyek-proyek pada sektor publik.

Palmer (1992) berpendapat bahwa masuknya *Value Engineering* ke dalam industri konstruksi mengakibatkan dua perubahan utama di dalam teori *Value Engineering* yang pertama adalah dipergunakannya *workshop* yang

berlangsung selama 40 jam sebagai metoda untuk melaksanakan studi *Value Engineering*. Kedua, adalah berkembangnya dua aliran mengenai bagaimana seharusnya *Value Engineering* diimplementasikan. Menurut aliran yang pertama, *Value Engineering* sebaiknya diimplementasikan pada saat desain mencapai 35% dengan menggunakan tim eksternal, sedangkan aliran kedua menyatakan bahwa implementasi *Value Engineering* pada tahap yang lebih dini dalam desain lebih efektif.

Seperti di dalam bidang lainnya, di dalam dunia konstruksi penghematan atau penurunan biaya serta peningkatan nilai sebagai hasil *Value Engineering* dapat terjadi dalam bentuk penurunan biaya awal (*first cost*) atau penurunan *life cycle cost*.

2.5.14. Value Engineering Change Proposal (VECP) dan Kesempatan Meningkatkan Nilai Selama Konstruksi

Value Engineering pertama kali diperkenalkan dalam proyek-proyek konstruksi dalam bentuk VECP pada tahun 1960an. Inti dari proses VECP adalah menggiatkan inovasi dengan harapan bahwa akan terjadi penghematan biaya. VECP merupakan salah satu unsur kontrak konstruksi. Tujuan program VECP adalah memacu kontraktor untuk mencari dan mempelajari metoda dan material konstruksi yang lebih baik, menyerahkan VECP, dan setelah diterima memperoleh kompensasi yang adil dan layak berupa pembagian penghematan yang dihasilkan. Proses VECP melibatkan Kontraktor, Pemberi Tugas, Manajer Konstruksi, Pengguna, dan Konsultan Perencana.

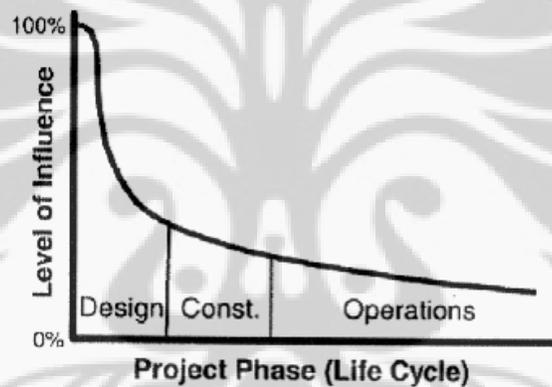
Proses dasar untuk VECP adalah sebagai berikut (NCHRP, 2005):

- Kontraktor harus menyerahkan VECP yang memuat gagasan menurunkan biaya proyek (atau kadang-kadang juga penghematan waktu)
- Pemberi Tugas (dengan bantuan Konsultan Perencana) meninjau kualitas VECP untuk menentukan kelayakannya dalam mendukung proses pengambilan keputusan.
- Pemberi Tugas (dengan bantuan Konsultan Perencana) mengambil keputusan penerimaan atau penolakan VECP.
- Bila diterima, kontraktor dan Pemberi Tugas akan membagi penghematan yang diidentifikasi terhadap kontrak dengan pembagian 50% : 50%.

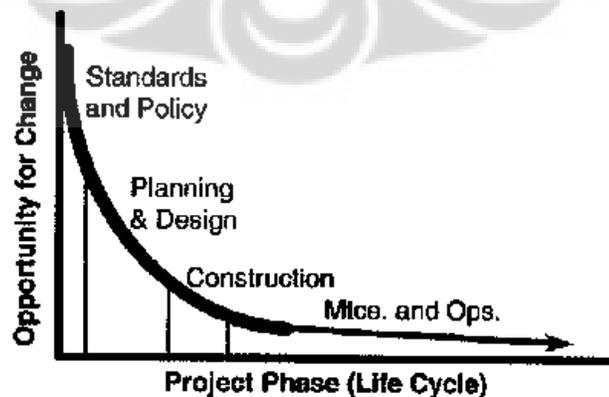
Dampak VECP terhadap biaya keseluruhan proyek sangat kecil dibandingkan dengan penghematan proyek yang diperoleh melalui proposal *Value Engineering* yang dikembangkan selama fase perencanaan (*planning*) dan desain. VECP hanya menghasilkan sekitar 5% dari penghematan biaya total proyek yang dihasilkan dengan penerapan *Value Engineering*.

2.5.15. Pengaruh Saat Diterapkannya *Value Engineering* Selama Berlangsungnya Proyek

Seperti telah disinggung sebelumnya, umumnya studi *Value Engineering* akan lebih bermanfaat bila dilaksanakan sedini mungkin. Ini disebabkan kenyataan bahwa 80-90% dampak terhadap kualitas dan biaya proyek ditentukan oleh fase perencanaan (*planning*) dan desain. Keadaan ini diperlihatkan pada **Gambar 2.9** dan **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10. Tingkat pengaruh penerapan *Value Engineering* terhadap biaya sepanjang perjalanan proyek (Sumber: NCHRP, 2005)



Gambar 2.11. Kesempatan untuk mengimplementasikan perubahan sepanjang perjalanan proyek (Sumber: NCHRP, 2005)

Penerapan *Value Engineering* secara sangat dini selama berlangsungnya proyek juga akan melancarkan pengembangan alternatif, dibandingkan dengan mencoba mengoptimumkan desain pada tahap yang lebih lanjut. Penggunaan *Value Engineering* pada tahap awal memungkinkan tim proyek untuk secara cepat mendefinisikan konsep proyek. Selanjutnya, tim dapat mengambil manfaat dengan adanya keterlibatan *stakeholders* sejak awal untuk mencapai kesepakatan lebih dini yang akan mempersingkat keseluruhan waktu yang diperlukan untuk mencapai solusi optimal. Salah satu cara untuk mengukur manfaat penerapan *Value Engineering* adalah melalui *Return on Investment (ROI)* yang merupakan suatu indeks yang didasarkan atas biaya untuk melaksanakan suatu studi *Value Engineering* pada suatu proyek dan penghematan biaya yang diperoleh sebagai hasil implementasi rekomendasi *Value Engineering*.

Sebagai contoh, *Value Engineering* pada tahap konsep telah dilakukan oleh *New York District Corps of Engineers* dalam pengendalian kerusakan pantai di utara New Jersey (Melby, 2003). Selanjutnya, penerapan *Value Engineering* pada tahap *preliminary design* antara lain telah dilakukan pada jembatan-jembatan jalan raya di Jepang (Hwang, 2003). *Value study* pada fase *environmental assessment* misalnya telah dilakukan pada *Wadsworth Bypass* di Amerika Serikat dengan hasil yang memuaskan sehingga dinominasikan untuk mendapat penghargaan.

2.6 State of The Art

Dalam penelitian-penelitian sebelumnya sudah ada yang mengaplikasikan *Value Engineering* dengan *Risk Management* yang menjadi acuan dalam penelitian ini, diantaranya adalah dalam tabel berikut ini :

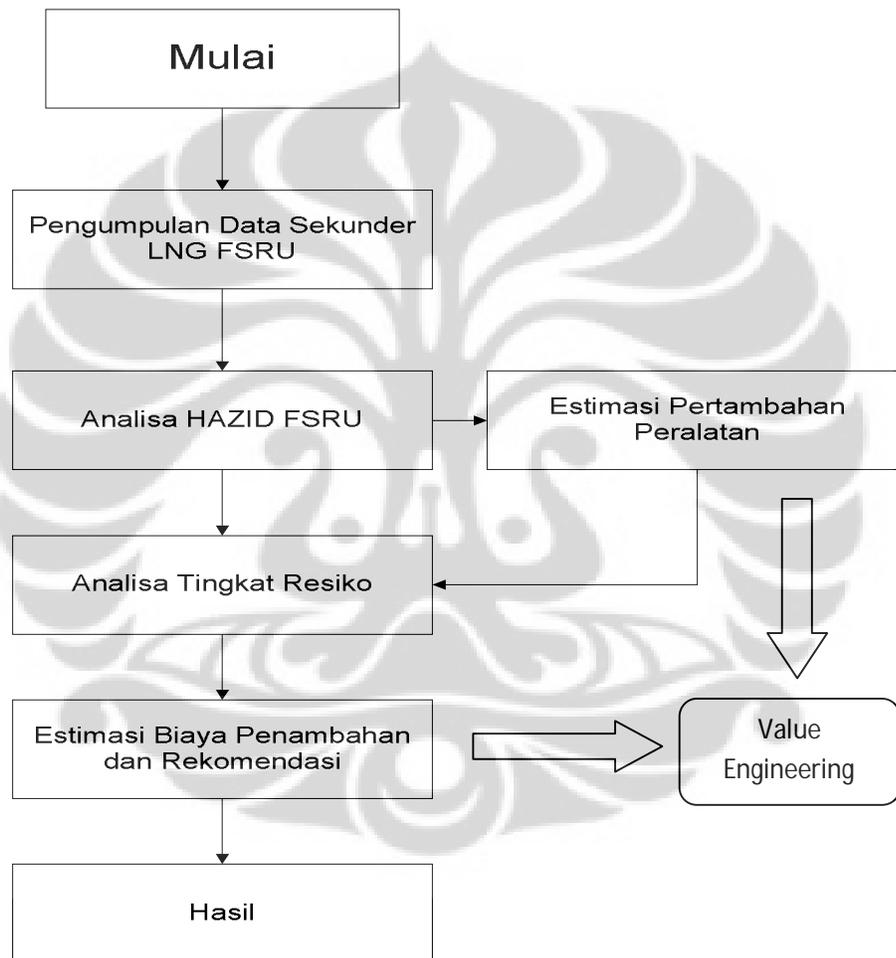
Tabel 2.8. Acuan jurnal Integrasi *Value Engineering* dengan *Risk Management*

Judul	Author	Kesimpulan
<p>“<i>Risk Management In Value engineering</i>”</p>	<p>Rich Foley, 2009</p>	<p><i>Value Engineering</i> dapat mempertimbangkan manfaat dari risiko dan ketidakpastian. Juga pertimbangkan jadwal risiko, bukan hanya biaya risiko. memperbarui biaya , jadwal risiko dan peluang secara teratur selama desain dan konstruksi.</p>
<p>“<i>Combining a Value Engineering (VE) Study with a Cost Risk Assessment (CRA)</i>”</p>	<p>Terry Berends & Blane Long, 2007</p>	<p>Informasi yang diberikan oleh gaya VE / CRA studi memberikan alat yang berharga untuk proyek manajer untuk membantu mereka memberikan proyek yang sukses tepat waktu dan sesuai anggaran. Ketika sebuah tim multi-disiplin ahli dirakit dalam lingkungan lokakarya, manfaat yang maksimal dapat dicapai dengan menggunakan proses gabungan. Proses menggabungkan CRA dengan VE yang terus meningkat dengan studi masing-masing dapat diselesaikan.</p>

Judul	<i>Author</i>	Kesimpulan
<p>“The Risk and Value Engineering Structures and their Integration with Industrial Projects Management (A Case Study on I. K. Corporation)”</p>	<p>Lida Haghnegahdar, and Ezzatollah Asgharizadeh, 2008</p>	<p>Risiko dan nilai rekayasa tidak dapat dipisahkan dari administrasi proyek. Jika kita menggabungkan keduanya dan jika kita menyusun proses dan nilai risiko, maka akan melihat bahwa tahap awal proyek adalah yang terbaik untuk dilaksanakan. nilai rekayasa pemanfaatan bersama dengan manajemen risiko</p>
<p>“The Integration Of Value And Risk Management In infrastructure Projects: Learning From Others”</p>	<p>Saipol Bari Abd Karim , Mohammed Ali Berawi, 2007</p>	<p>Penerapan integrasi nilai dan manajemen risiko dalam industri kereta api dan industri air, Berdasarkan studi kasus di atas, ditemukan bahwa penerapan VM, RM dan integrasi itu bervariasi dari satu proyek ke proyek lain dan dari satu organisasi ke yang lain. Secara umum, sangat tergantung pada beberapa faktor seperti waktu dan kendala anggaran, kompleksitas dan aplikasi dari klien</p>

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap proses, dan setiap proses merupakan bagian untuk menentukan tahapan langkah selanjutnya. Teori-teori FSRU, *Value Engineering* dan manajemen resiko yang sudah ada merupakan dasar dari penelitian dan mengacu pada latar belakang dan tujuan yang hendak dicapai.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1. Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada LNG FSRU Golar Spirit yang terletak di Muara Karang, Tanjung Priok, Jakarta Utara.

3.2. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini digunakan data sekunder dengan teknik studi pustaka yaitu data yang diperoleh dari buku acuan, data statistik, laporan penelitian, jurnal, dan literatur yang terkait dengan penelitian ini yang relevan dan mendukung untuk membuat argumentasi penelitian ini.

3.3. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data akan menggunakan langkah-langkah pengerjaan sebagai berikut :

a. Tahap Informasi

Dalam tahap ini diperlukan informasi-informasi dengan data sekunder mengenai lokasi lingkungan, pekerja dan proses apa saja yang terjadi pada FSRU Golar.

b. Tahap Analisis HAZID

Pada tahap ini dilakukan penentuan titik- titik area pada FSRU yang akan akan identifikasi bahayanya dengan metode HAZID. Hasil dari tahap ini berupa tabel mengenai kegiatan, potensi bahaya, tingkat keparahan, nilai resiko, dan lain- lain.

c. Tahap Analisis Pertambahan Peralatan

Pada tahap ini melakukan pendekatan secara kreatif dengan menggunakan asumsi peralatan dan sistem apa saja yang akan ditambahkan untuk mengurangi resiko yang terjadi pada FSRU tersebut.

d. Tahap Analisis Biaya dan Rekomendasi

Pada tahap ini dilakukan pelaporan dan perekomendasi dari hasil yang dilaporkan yaitu mengenai penanggulangan efektif yang dapat mengurangi resiko yang terjadi dari hasil analisis HAZID dan juga perincian biaya yang ditambahkan untuk fasilitas-fasilitas yang dapat menurunkan tingkat resiko dari hasil HAZID FSRU tersebut. Pada tahap inilah dilakukan integrasi *value engineering* khususnya dalam hal pertambahan biaya peralatan.

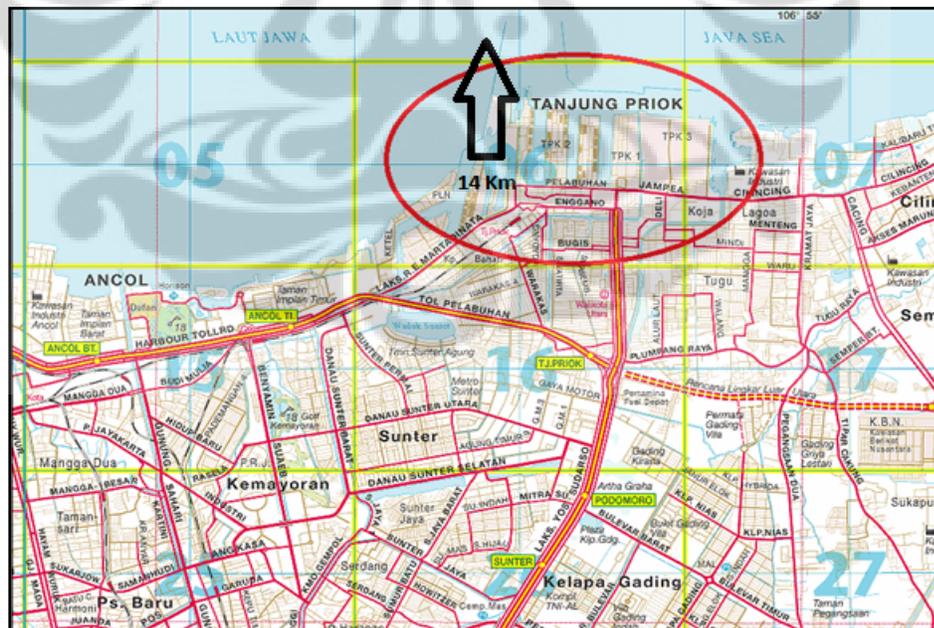
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah dijelaskan pada dasar teori bahwa kriteria yang digunakan pada studi ini mengaju pada beberapa pemilihan lokasi FSRU di tempat lain yang sudah pernah dilakukan. Dimana ada 2 hal yang dipertimbangkan yaitu:

4.1 Analisis Infrastruktur FSRU

Alternatif lokasi FSRU ditentukan berdasarkan kedekatannya dengan wilayah yang akan disuplai gas alam, selain itu juga mempertimbangkan kondisi perairan dan kondisi lingkungan yang cocok untuk keberadaan kapal FSRU untuk daerah distribusi gas wilayah Jakarta. Dengan pertimbangan tersebut maka akses Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta Utara dijadikan alternatif lokasi.

Pertimbangan teknis dalam pemilihan lokasi terminal penerimaan LNG lepas pantai. Kriteria yang termasuk dalam pertimbangan teknis adalah jarak dari terminal ke pembangkit, kedalaman air, pasang surut, arus, gelombang, angin.



Gambar 4.1. Peta Lokasi Pelabuhan Tanjung Priok (BAKOSURTANAL, 2009)

Tabel 4.1. Keadaan teknis keberadaan FSRU

Keadaan Oseanografi		
Parameter	Satuan	Nilai
Angin	Kecepatan rata-rata	10 m/s
Arus	Kecepatan rata-rata	23,6 cm/dt
Gelombang Laut	Tinggi gelombang rata-rata	0,2 – 1 meter
Pasang surut	Tinggi kenaikan-penurunan	± 1 meter
Jarak	-	15 Km
Kedalaman	Kedalaman rata-rata	8,4 meter

Dari data oseanografi yang didapat dari data-data sekunder diatas, merupakan data yang diambil pada saat wilayah tersebut pada waktu musim kemarau, yaitu pada bulan Juni tahun 2011. Keadaan-keadaan yang digambarkan pada tabel 4.1 yang meliputi kecepatan angin, arus, gelombang laut, dan pasang surut dikategorikan pada keadaan normal.

4.2.Kajian Resiko Tiap Area

Merupakan pertimbangan pengaruh dari keberadaan FSRU pada keselamatan dan kesehatan manusia yang berada disekitarnya. Dari *Community health and safety issues* diturunkan menjadi *basic factor* yaitu, produksi, *sea traffic* dan *explosive location*. Berikut ini adalah kajian tiap area pada FSRU :

4.2.1. LNG Storage Tank

Tabel 4.2. Risk matrix pada area LNG storage tank

LIKELIHOOD	4				(B.EG.M)
	3				
	2		(A.EG.M)		
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Pada kajian HAZID yang diperoleh di area LNG *storage tank* ini, didapatkan identifikasi bahaya yaitu pada nilai resiko 16 yang berarti pada zona *unacceptable*. Hal ini dikarenakan *Top Event* yang terjadi adalah kebocoran pada LNG *storage tank*, dan memungkinkan terjadinya ledakan ini dapat menimbulkan kerusakan pada FSRU dan juga kematian pada orang yang berada di FSRU tersebut. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di LNG *storage tank* ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu pada nilai resiko 4 yang berarti berada pada zona *ALARP*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 45.000.000 yaitu berupa *breathing apparatus* yang digunakan untuk operator di sekitar LNG *storage tank*, *gas detector* untuk mengidentifikasi adanya kebocoran gas yang terjadi, *control valve cryogenic* untuk pengaturan sistem distribusi cadangan dari proses yang terjadi jika terjadi masalah, sistem *emergency alarm* untuk tanda bahaya jika ada masalah yang terjadi di area tersebut, dan *safety training* untuk operator yang bekerja pada area tersebut.

4.2.2. Boil off Gas Compressor

Tabel 4.2. Risk matrix pada area BOG compressor

LIKELIHOOD	4		(A.EG.M)	(B.EG.M)	
	3				
	2				
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Kajian HAZID yang diperoleh di area BOG *compressor* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 12 yang termasuk kategori zona *unacceptable*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah kebocoran gas pada saluran buangan gas menuju *flare gas* dapat menimbulkan *jet fire* maupun ledakan di FSRU dan juga kematian pada orang yang berada di sekitar sistem tersebut.

Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area BOG *compressor* ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 8 yang berarti berada pada zona *ALARP*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 30.000.000 yaitu berupa *breathing asparatus* yang digunakan untuk operator di BOG *compressor*, *gas detector* untuk mengidentifikasi adanya kebocoran gas yang terjadi di area ini, dan sistem *emergency* alarm untuk tanda bahaya jika ada masalah yang terjadi di area ini, dan *safety training* untuk operator yang bekerja pada area tersebut.

4.2.3. Vaporizer System

Tabel 4.3. Risk matrix pada area Vaporizer system

LIKELIHOOD	4				(B.EG.M)
	3				(A.EG.M)
	2				
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Kajian HAZID yang diperoleh di area sistem *vaporizer* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 16 yang termasuk kategori zona *unacceptable*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah kebocoran gas pada sistem ini yang dapat menimbulkan *jet fire*, gas disperse, sampai ledakan di FSRU dan juga kematian pada orang yang berada di sekitar sistem tersebut. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 9 yang berarti berada pada zona *ALARP*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 30.000.000 yaitu berupa *breathing asparatus* yang digunakan untuk operator di BOG *compressor*, *gas detector* untuk mengidentifikasi adanya kebocoran gas yang terjadi di area ini, dan sistem *emergency* alarm untuk tanda

bahaya jika ada masalah yang terjadi di area ini, dan *safety training* untuk operator yang bekerja pada area tersebut.

4.2.4. Gas Turbine Generator

Tabel 4.4. Risk matrix pada area Gas Turbine Generator

LIKELIHOOD	4				
	3				
	2		(A.EG.M)	(B.EG.M)	
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Kajian HAZID yang diperoleh di area sistem sistem gas turbin generator ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 6 yang termasuk kategori zona *ALARP*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah korsleting listrik pada sistem ini yang dapat menimbulkan kebakaran, dan juga kegagalan proses regasifikasi karena area ini adalah sumber listrik untuk tiap kebutuhan yang terjadi di FSRU tersebut. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 4 yang berarti berada pada zona *Medium*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 15.000.000 yaitu untuk penambahan sistem *emergency alarm* untuk tanda bahaya jika ada masalah yang terjadi di area ini, dan *safety training* untuk operator yang bekerja pada area tersebut.

4.2.5. Nitrogen Plant

Kajian HAZID yang diperoleh di area Nitrogen *plant* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 4 yang termasuk kategori zona *Medium*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah kebocoran N₂ di area ini yang dapat menimbulkan cedera kepada orang disekitar dan juga kerusakan kecil pada FSRU tersebut. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi

resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 2 yang berarti berada pada zona *Low*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 23.500.000 yaitu untuk pemasangan *Control Valve Cryogenic* jika ada kebocoran yang terjadi di area ini, dan *safety training* untuk operator yang bekerja pada area tersebut.

Tabel 4.5. Risk matrix pada area Nitrogen plant

LIKELIHOOD	4				
	3				
	2	(A.EG.M)	(B.EG.M)		
	1				
		1	2	3	4
	SEVERITY				

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

4.2.6. Accomodation Area

Tabel 4.6. Risk matrix pada area Accomodation

LIKELIHOOD	4				
	3				
	2	(A.EG.M)	(B.EG.M)		
	1				
		1	2	3	4
	SEVERITY				

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Kajian HAZID yang diperoleh di area *Accomodation* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 4 yang termasuk kategori zona *Medium*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah kebakaran yang terjadi di area ini yang dapat menimbulkan kerusakan di area tersebut. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat

diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 2 yang berarti berada pada zona *Low*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 18.500.000 yaitu untuk pemasangan *sprinkler* jika terjadi kebakaran di area ini, dan *emergency alarm* untuk tanda bahaya jika terjadi kebakaran dan bahaya pada area tersebut.

4.2.7. Recondenser

Tabel 4.7. Risk matrix pada area Recondenser

LIKELIHOOD	4				
	3			(B.EG.M)	
	2		(A.EG.M)		
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

- B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation
- A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Kajian HAZID yang diperoleh di area Recondenser ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 9 yang termasuk kategori zona *ALARP*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah kebakaran dan kegagalan operasi pada system yang terjadi di area ini. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 4 yang berarti berada pada zona *Medium*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 15.000.000 yaitu untuk penambahan sistem *emergency alarm* untuk tanda bahaya jika ada masalah yang terjadi di area ini, dan *safety training* untuk operator yang bekerja pada area tersebut.

4.2.8. Unit metering

Kajian HAZID yang diperoleh di area unit *metering* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 9 yang termasuk kategori zona *ALARP*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah lepasnya hose dan kebocoran yang terjadi pada sistem yang terjadi di area ini yang mengakibatkan ledakan, jet fire,

dan kegagalan operasi distribusi gas. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 4 yang berarti berada pada zona *Medium*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 17.500.000 yaitu untuk penambahan sistem *emergency* alarm untuk tanda bahaya jika ada masalah yang terjadi di area ini, *gas detector* untuk mengidentifikasi adanya kebocoran gas yang terjadi di area ini, dan *safety training* untuk operator yang bekerja pada area tersebut.

Tabel 4.8. Risk matrix pada area Unit metering

LIKELIHOOD	D	4				
		3			(B.EG.M)	
		2		(A.EG.M)		
		1				
		1	2	3	4	
		SEVERITY				

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

4.2.9. Sea water System

Tabel 4.9. Risk matrix pada area Sea water system

LIKELIHOOD	4				
	3				
	2	(A.EG.M)	(B.EG.M)		
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Kajian HAZID yang diperoleh di area *Sea water system* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 4 yang termasuk kategori zona *Medium*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah kebocoran yang terjadi pada sistem

yang terjadi di area ini yang mengakibatkan kerusakan system alat dan juga kegagalan proses regasifikasi. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 2 yang berarti berada pada zona *Low*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 20.000.000 yaitu untuk penambahan sistem pompa cadangan untuk mengantisipasi jika terjadi kerusakan pada sistem utama.

4.2.10. Emergency Flare

Kajian HAZID yang diperoleh di area *emergency flare* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 12 yang termasuk kategori zona *Medium*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah lepasnya hose pada sistem BOG flaring yang terjadi di area ini yang mengakibatkan ledakan, dan juga jet fire. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 6 yang berarti berada pada zona *Low*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 16.200.000 yaitu untuk pemasangan *Control Valve* jika ada kebocoran dan terlepasnya hose BOG flaring, dan juga sistem *emergency alarm* untuk tanda bahaya jika ada masalah yang terjadi di area ini.

Tabel 4.10. Risk matrix pada area *Emergency flare*

LIKELIHOOD	4				
	3				(B.EG.M)
	2			(A.EG.M)	
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

4.2.11. Mooring System

Tabel 4.11. Risk matrix pada area Mooring system

LIKELIHOOD	D	4				(B.EG.M)
		3			(A.EG.M)	
		2				
		1				
		1	2	3	4	
		SEVERITY				

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation

A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Kajian HAZID yang diperoleh di area sistem *mooring* (tambat) ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 16 yang termasuk kategori zona *Unacceptable*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah lepasnya sistem tambat yang terjadi di area ini yang mengakibatkan kapal tidak seimbang lalu kemungkinan bisa merusak fasilitas jetty dan juga lintasan kapal disekitar FSRU tersebut, dan juga kegagalan proses regasifikasi. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 9 yang berarti berada pada zona *ALARP*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 20.000.000 yaitu untuk pemasangan tambahan sistem tambat untuk mengantisipasi jika sistem tambat yang lain terlepas, dan juga sistem *emergency alarm* untuk tanda bahaya jika ada masalah yaitu jika sistem tambat terlepas.

4.2.12. Pipeline

Kajian HAZID yang diperoleh di area *pipeline* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 12 yang termasuk kategori zona *Unacceptable*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah kebocoran yang terjadi di pipeline ini yang mengakibatkan jet fire, ledakan dan gas dispersi disekitar FSRU tersebut, dan juga kegagalan proses regasifikasi. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 9 yang berarti berada pada zona *ALARP*. Dari *escalation*

guard dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 21.500.000 yaitu untuk pemasangan *control valve cryogenic* untuk mengantisipasi jika terjadi kebocoran, dan juga sistem *emergency alarm* untuk tanda bahaya jika ada masalah yaitu jika sistem tambat terlepas.

Tabel 4.12. Risk matrix pada area Pipeline

LIKELIHOOD	4				
	3			(A.EG.M)	(B.EG.M)
	2				
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation
 A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

4.2.13. Loading Arm

Tabel 4.13. Risk matrix pada area Loading arm

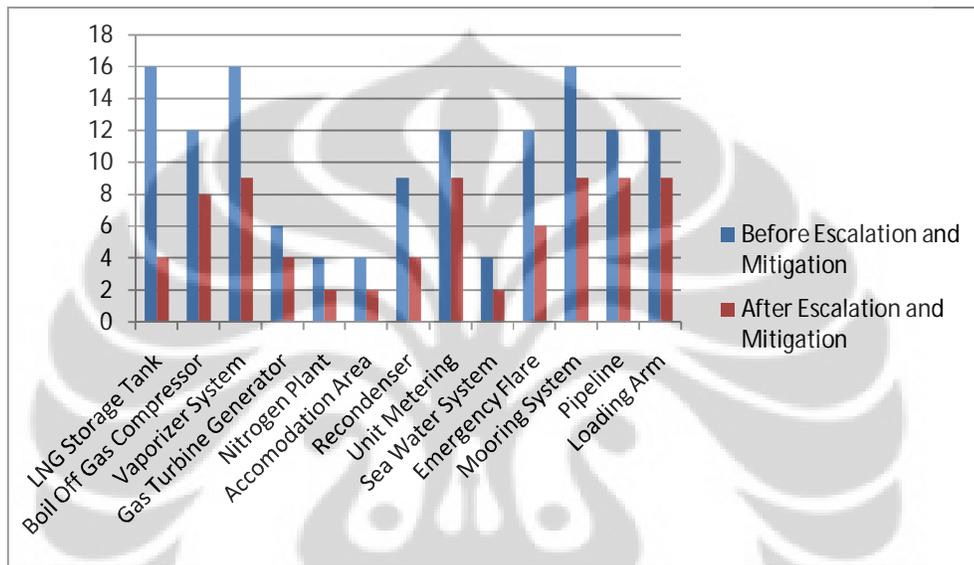
LIKELIHOOD D	4				
	3			(A.EG.M)	(B.EG.M)
	2				
	1				
		1	2	3	4
		SEVERITY			

B.EG.M = Before Escalation Guard and Mitigation
 A.EG.M = After Escalation Guard and Mitigation

Kajian HAZID yang diperoleh di area *loading arm* ini didapatkan identifikasi bahaya dengan nilai resiko sebesar 12 yang termasuk kategori zona *Unacceptable*. Dari *Top Event* yang terjadi adalah kebocoran dan *hose* terlepas yang terjadi di *loading arm* yang mengakibatkan *jet fire*, ledakan dan gas dispersi di sekitar FSRU tersebut, dan juga kegagalan proses distribusi dari LNG carrier ke FSRU. Setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi untuk mengurangi resiko di area ini, diperkirakan resiko dapat diturunkan yaitu sampai pada nilai resiko 9

yang berarti berada pada zona *ALARP*. Dari *escalation guard* dan mitigasi yang dilakukan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 27.500.000 yaitu untuk penggunaan breathing apparatus pada operator di *loading arm* untuk mengantisipasi paparan gas yang kemungkinan keluar, sistem *emergency alarm* untuk tanda bahaya jika ada masalah yaitu jika sistem tambat terlepas, dan juga *safety training* untuk operator yang bekerja pada area tersebut .

4.3. Kajian Resiko Secara Keseluruhan



Gambar 4.2. Kajian analisa resiko keseluruhan

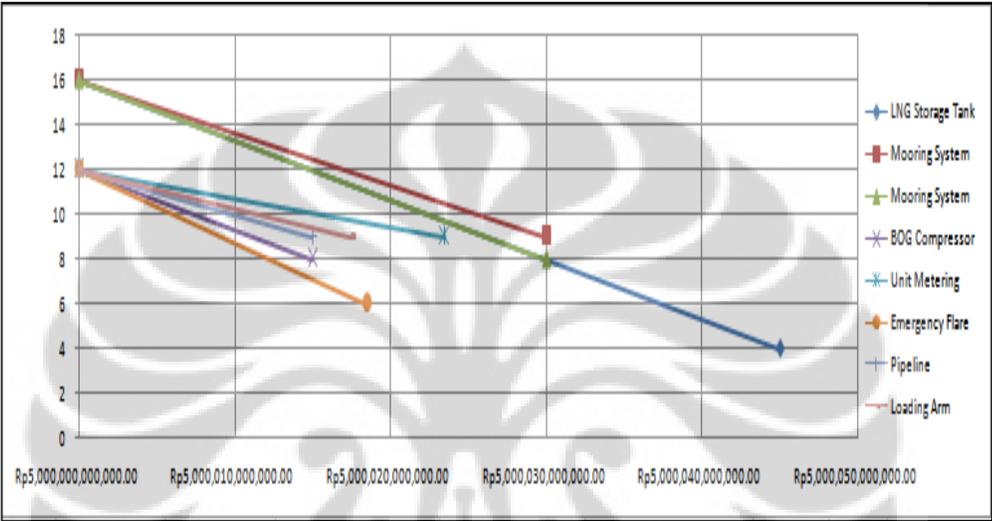
Pada gambar 4.2 terlihat bahwa area yang mempunyai resiko paling tinggi yaitu pada area *LNG storage tank*, *Vaporizer system*, dan *mooring system* sebelum *escalation guard* dan mitigasi yang mempunyai nilai resiko adalah 16. Hal ini dikarenakan tingkat bahaya yang terjadi di masing- masing area tersebut sangat besar, dimana proses yang dilakukan berhubungan langsung dengan LNG ataupun sudah dalam bentuk *natural gas* yang sangat sensitif dengan bahaya. Sedangkan area- area yang mempunyai resiko paling rendah yaitu pada area *nitrogen plant*, *accommodation area*, dan *sea water system* dengan nilai resiko masing- masing adalah 4. Hal ini dikarenakan area- area tersebut setelah dilakukan identifikasi mempunyai bahaya yang rendah, dengan tidak adanya proses yang berhubungan langsung dengan LNG maupun *natural gas*. Penurunan nilai resiko setelah

escalation guard dan mitigasi yang paling signifikan, terlihat dalam grafik 4. Adalah pada area LNG storage tank, Vaporizer system, mooring system, dan recondenser, dimana penurunan nilai resiko bisa sampai 4-5.

4.4 Kajian Biaya Dengan Resiko

Adapun analisis biaya yang dilakukan pada tiap zona adalah sebagai berikut:

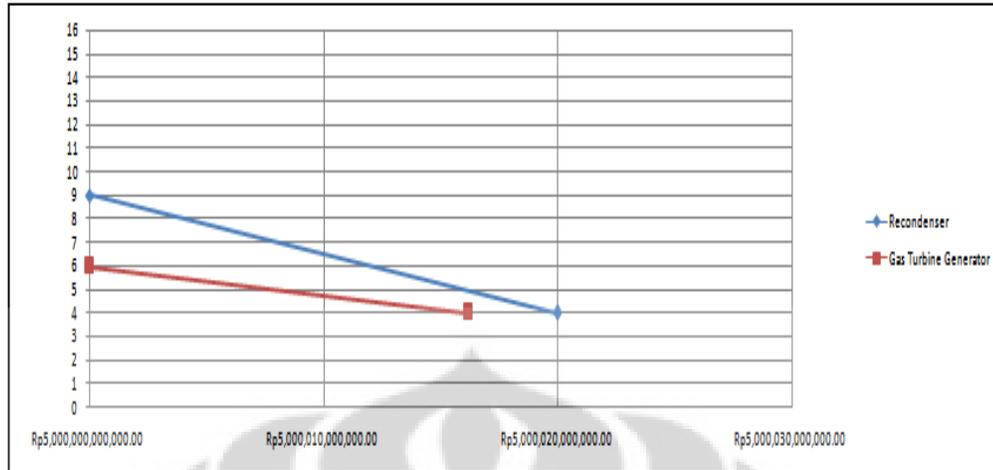
4.4.1. Zona Unacceptable



Gambar 4.3 Grafik Biaya Vs Resiko pada unit zona Unacceptable

Pada grafik 4.3 menggambarkan hubungan biaya-biaya penambahan yang dianalisis pada area-area yang berada pada zona unacceptable, dimana biaya penambahan paling besar berada pada area LNG storage tank sebesar Rp. 45.000.000. dari penambahan biaya tersebut didapatkan penurunan resiko pada area LNG storage tank tersebut sebesar 12 poin, yaitu menurunkan zona unacceptable ke zona medium. Rata-rata penurunan pada zona ini yaitu sebesar 6 poin.

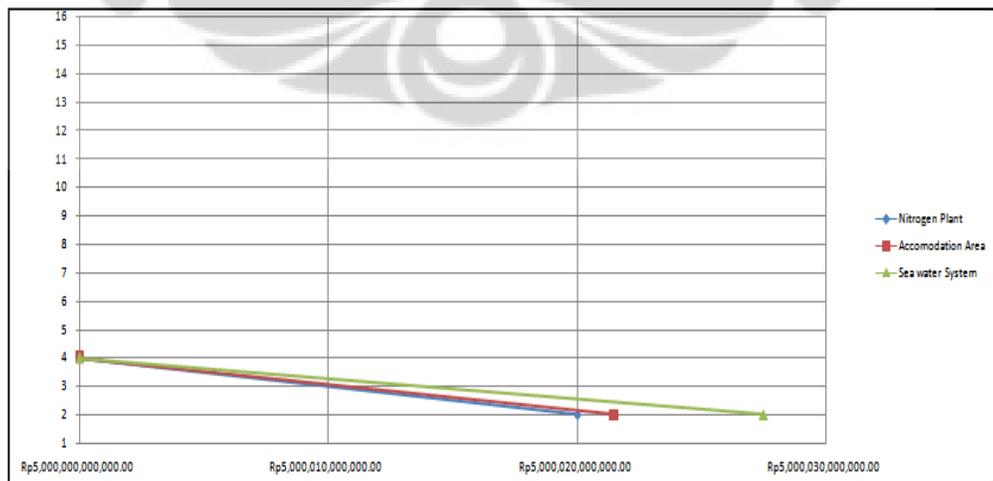
4.4.2. Zona ALARP



Gambar 4.4. Grafik Biaya Vs Resiko pada unit zona ALARP

Pada grafik diatas menggambarkan hubungan biaya-biaya penambahan yang dianalisis pada area-area yang berada pada zona *ALARP*, dimana biaya penambahan paling besar berada pada area Recondenser sebesar Rp. 20.000.000. Dari penambahan biaya tersebut didapatkan penurunan resiko pada area Recondenser tersebut sebesar 5 poin, yaitu menurunkan zona *ALARP* ke zona *medium*. Rata-rata penurunan pada zona ini yaitu sebesar 4 poin.

4.4.3. Zona Medium

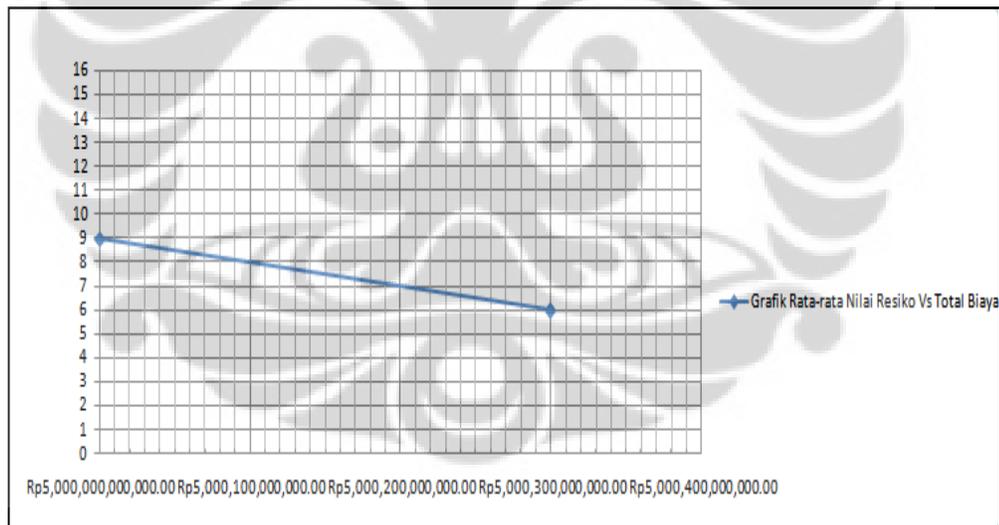


Gambar 4.5 Grafik Biaya Vs Resiko pada unit zona Medium

Pada grafik 4.5 menggambarkan hubungan biaya-biaya penambahan yang dianalisis pada area-area yang berada pada zona *Medium*, dimana biaya penambahan paling besar berada pada area Sea Water system sebesar Rp. 27.500.000. Dari penambahan biaya zona ini rata-rata penurunan pada zona ini yaitu sebesar 2 poin dan didapatkan penurunan resiko dari zona *ALARP* ke zona *medium*.

4.4.4 Kajian Rata-rata Nilai Resiko Dengan Total Biaya Penambahan

Setelah semua dianalisis total biaya penambahan dari seluruh area pada FSRU didapatkan biaya sebesar Rp. 299.700.000 yang diperkirakan dapat menurunkan total resiko sebesar 3 poin, yaitu menurunkan resiko dari zona *ALARP* ke zona *medium*. Rata-rata dari resiko keseluruhan dari tiap area sebelum dilakukan *escalation guard* dan mitigasi adalah sebesar 9, lalu setelah ada penambahan biaya untuk *escalation guard* dan mitigasi, resiko dapat diturunkan menjadi 6.



Gambar 4.6. Grafik Rata-rata nilai Resiko Vs Total Biaya

4.5 Integrasi *Value Engineering* dengan Resiko

Dari kajian nilai resiko dan biaya pertambahan yang diperoleh dari analisis menggunakan HAZID pada FSRU ini, pengaruh biaya berbanding terbalik dengan nilai resiko, hal ini merupakan salah satu tujuan *Value Engineering* yaitu menurunkan resiko dari suatu proyek konstruksi atau sistem. Karena *Value*

Engineering pada kasus ini berhubungan dengan penambahan biaya, maka disini metode *Value Engineering* ini bukan sebagai *Cost Reduction*, tetapi sebagai pertambahan biaya yang dikeluarkan untuk menambah suatu nilai atau manfaat pada FSRU tersebut, yaitu bertambahnya nilai *safety* dari tiap area pada FSRU. Dalam hal ini *Value Engineering* dapat dikatakan dengan inovasi sistem keselamatan dari FSRU tersebut.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil Tugas Akhir penelitian ini yang berjudul Aplikasi Integrasi *Value Engineering* dan *Risk Management* dengan Analisis HAZID Pada LNG FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*) dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis HAZID yang dilakukan pada FSRU Golar untuk proyek pengadaan gas di Muara Karang memiliki nilai resiko sebelum *escalation guard* dan mitigasi rata-rata sebesar 9 yaitu pada zona *ALARP*, dan setelah dilakukan *escalation guard* dan mitigasi resiko rata-rata dapat diturunkan menjadi 6 yaitu pada zona *Medium*.
2. Total biaya yang dianalisis untuk menurunkan resiko bahaya dari FSRU Golar adalah sebesar Rp. 299.700.000 yaitu 0,006% dari total biaya proyek FSRU.
3. Aplikasi *Value Engineering* dengan *Risk Management* dapat diaplikasikan dengan inovasi sistem *safety* pada FSRU Golar, yakni dengan menambahkan biaya *escalation guard* dan mitigasi untuk menurunkan resiko bahaya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat di berikan beberapa saran

yang diharapkan berguna yang bisa dilakukan, di antaranya sebagai berikut :

1. Diperlukan suatu sikap yang tanggap terhadap informasi dalam pengajuan alternatif yang bisa diterapkan pada suatu masalah.
2. Perlunya suatu tim yang terdiri dari berbagai disiplin ilmu yang terkait dan dapat saling bekerja sama agar hasil penerapan *Value Engineering* dengan *Risk Mangement* dapat maksimal.

DAFTAR REFERENSI

- Chandra .S, Mitchell Robert, (1986). "Makalah Lokakarya Value Engineering", Jakarta.*
- Isola .alphonse. (1982). "Value Engineering in the Construction Indusitry" Van Nostrand Reinhold Company Inc, New York, USA.
- Haghnegahdar, Lida and Asgharizadeh, Ezzatollah. (2008). " The Risk and Value Engineering Structures and their Integration with Industrial Projects Management (A Case Study on I. K.Corporation), Iran.
- Miles, L.D, (1961). *Technique of Value Analysis and Engineering*, 2nd ed, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Maulana. (2006). "Pemodelan *Framework* Manajemen Resiko Tekonologi Informasi Untuk Perusahaan di Negara Berkembang" Bandung.
- BPH MIGAS (2012). *Konsumsi BBM Bersubsidi Januari 2012*. Jakarta: Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi.
- HARTANTO, A. (2010). "Kajian Kebijakan Konversi BBM ke BBG Untuk Kendaraan di Propinsi Jawa Barat". Bandung: LIPI.
- ABS (American Beareau of Shipping). (2010). *Guide for Building and and Classing Floating Production Instalation*.
- Rochmanhadi. (1992). "Teknik Penilaian Desain (Value Engineering)", Semarang, Indonesia.*
- Saptono, Adi. (2007). " Analisis Penentuan Bangunan Atas Jembatan Dengan Metode Rekasaya Nilai", Yogyakarta.
- Tambunan, Hary.S. (2002. "Pengaruh Penerapan Metode *Value Engineering* Pada Konstruksi Bangunan di Jabodetabek", Jakarta, Indonesia.
- Shahab, S. (1984). Tugas Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja, *Majalah Katiga*, Edisi April no.44.
- Rawlinson, J,G. (1981). *Creative thinking and brainstorming*. ISBN 0470270918. New York.
- S.C. Utami Munandar. (1985). *Mengembangkan bakat dan kreativitas*. UI PRESS. Jakarta.
- Sabrang, Hario. 1998. *Klaim di Dunia Konstruksi*. UI PRESS. Jakarta.
- Thuesen, G. J., (1993). *Engineering Economy*. Prentice Hall.

Pengertian Dan Klasifikasi Risiko Serta Hazard.

<http://s2informatics.files.wordpress.com/2007/11/introduction.pdf>

Santoso, A.D. (2005). "Pemantauan Hidrografi dan Kualitas Air di Teluk Hurun Lampung dan Teluk Jakarta". Jakarta.



LAMPIRAN A

HAZID FSRU

No.	Area	Event	Top Event	Consequence	Safety Guard	Escalation Guard			Recommendation/mitigation	Cost Estimated	Escalation Guard			
						S	L	R			S	L	R	
1	LNG Storage Tank	proses pemindahan LNG bersuhu -160°C dari LNG Carrier menuju In tank Pump di FSRU	Terjadi kebocoran pada proses loading menuju In Tank Pump	gas dispersi terjadi kebakaran kegagalan proses distribusi jet fire	Flow Control inspeksi alat sistem shut down				maintenansi sistem Inspeksi HSE lapangan bratking aparatus pemasangan gas detector pemasangan control valve sistem emergency alarm	perakalian sistem komunikasi antar operator dengan HSE inspektur	Rp 45,000,000.00	2	2	4
2	Boil off Gas Compressor	Proses pengaluan panas yang terjadi pada LNG dengan tujuan untuk menjaga tekanan dan suhu agar tetap rendah	terjadi kebocoran gas	terjadi ledakan jet fire	temperature dan pressure control menjalankan SOP sistem shut down				sistem flare gas Gas detector bratking aparatus sistem emergency alarm	perakalian sistem komunikasi antar operator dengan HSE inspektur, dan memberi bratking safety kepada operator untuk proses tersebut	Rp 30,000,000.00	2	4	8

3	Vaporizer System	Proses transformasi fisik dari LNG menjadi Natural gas	kebocoran gas	ledakan kematian karena cold burn terhadap orang sekitar jet fire gas dispersi	pressure control system emergency shutdown	4	4	16	Gas detector maintenance sistem pemeliharaan breathing apparatus pada operator sistem emergency alarm	pemeliharaan sistem komunikasi antar operator dengan HSE inspektor, dan memberi training safety kepada operator untuk proses tersebut	Rp 30,000,000.00	3	3	9
4	Gas Turbine Generator	Utilitas pendukung dari FSRU untuk memenuhi kebutuhan listrik untuk kompressor boil-off, pompa LNG, pompa air laut, dll.	korsleting listrik	kebakaran kegagalan sistem	operator utilitas APAR	3	2	6	maintenance peralatan sistem emergency alarm	memberikan training safety kepada operator untuk proses tersebut dan memberikan alat komunikasi kepada operator, kapten kapal, dan HSE inspektor	Rp 15,000,000.00	2	2	4

5	Nitrogen Plant	unit yang digunakan untuk purging dan inerting unloading arm, dan penguapan arm	kebocoran dan tumpahan N2	pencemaran tumpahan ke laut cidersa terhadap operator	N2 flow control				pemasangan valve	memberikan alat komunikasi kepada operator, kapten kapal, dan HSE inspektur, dan safety training	Rp 23,500,000.00	1	2	2
6	Accommodation Area	ruang control untuk proses yang terjadi di FSRU	kebakasan	kerusakan pada control room	rambu-rambu bahaya APAR				Maintenance area Sprinkler sistem emergency alarm	memberikan alat komunikasi kepada operator, kapten kapal, dan HSE inspektur	Rp 18,500,000.00	1	2	2

9	<i>Sea water System</i>	<p>sistem memanfaatkan air laut yang dialirkan ke dalam panel-panel aluminium dengan kontak yang tidak langsung dengan LNG bertekanan yang dialirkan dalam tubing sehingga temperatur yang dikandung air laut dapat meningkatkan temperatur LNG cair (dingin).</p>	<p>pipa pada sistem mengalami kebocoran</p>	<p>kerusakan pada sistem <i>vaporizer</i> kegagalan sistem regasification</p>	<i>flow control</i>	2	2	4	<p>operator <i>maintenance</i></p> <p>Sistem pompa cadangan</p>	<p>membeikan alat komunikasi kepada operator, kapten kapal, dan HSE inspektur</p>	Rp 20,000,000.00	1	2	2
10	<i>Emergency Flare</i>	<p>sistem pengamanan di FSRU untuk membuang gas yang tidak diperlukan dari hasil proses BOG</p>	<p>pipa hose pada sistem di BOG-flare lepas</p> <p>jet fire</p>	<p>ledakan kebakaran</p> <p>jet fire</p>	<i>flow control</i>	4	3	12	<p>control valve</p> <p>inspeksi operator pada flare</p> <p>sistem emergency alarm</p>	<p>membeikan alat komunikasi kepada operator, kapten kapal, dan HSE inspektur</p>	Rp 16,200,000.00	2	3	6

11	Mooring System	mempertahankan posisi FSRU yang tetap (station keeping performance), dimana performa ini akan mendukung bagaimana performa operasi dari FSRU ini	sistem tambat lepas dari FSRU	terganggunya sistem regasifikasi yang menyebabkan sistem FSRU mengalami kegagalan menabrak jetty	penguncian dengan jangkar	4	4	16	penambahan sistem tambat sistem emergency alarm	membenarkan alat komunikasi kepada operator, kapten kapal, dan HSE inspektur	Rp 20,000,000.00	3	3	9
12	Pipeline	menyalurkan LNG dari storage tank menuju ke unit vaporizer	kebocoran	kerusakan pada kapal kematian kegagalan proses jet fire gas dipensi	flow control	4	3	12	Inspeksi operator lapangan maintenance pipa sistem emergency alarm control valve	membenarkan alat komunikasi kepada operator, kapten kapal, dan HSE inspektur	Rp 21,500,000.00	3	3	9

13	Loading Arm	tempat untuk menetapkan hubungan interface kapal ke FSRU dan memindahkan muatan LNG dari kapal ke pipa yang ada di FSRU	sistem pada arm lepas kebocoran jet fire	ledakan	flow control	4	3	12	maintenance system	memberikan training safety kepada operator untuk proses tersebut dan memberikan alat komunikasi kepada operator, kapten kapal, dan HSE inspektur	Rp 27,500,000.00	3	3	9
				kematian karena cold burns terhadap operator	operator Hose sistem akut down									

LAMPIRAN C

Penambahan Cost

no.	Area	Escalation guard	Define Cost
1	<i>LNG Storage tank</i>	a. <i>Breathing asparatus</i>	Rp 12,500,000.00
		b. <i>gas detector</i>	Rp 2,500,000.00
		c. <i>control valve cryogenic</i>	Rp 15,000,000.00
		d. <i>safety training</i>	Rp 8,500,000.00
		e. <i>sistem emergency alarm</i>	Rp 6,500,000.00
		Total	Rp 45,000,000.00
2	<i>Boil off gas compressor</i>	a. <i>safety training</i>	Rp 8,500,000.00
		b. <i>Gas detector</i>	Rp 2,500,000.00
		c. <i>sistem emergency alarm</i>	Rp 6,500,000.00
		d. <i>Breathing asparatus</i>	Rp 12,500,000.00
		Total	Rp 30,000,000.00
3	<i>Vaporizer sistem</i>	a. <i>Gas detector</i>	Rp 2,500,000.00
		b. <i>safety training</i>	Rp 8,500,000.00
		b. <i>Breathing asparatus</i>	Rp 12,500,000.00
		c. <i>sistem emergency alarm</i>	Rp 6,500,000.00
		Total	Rp 30,000,000.00
4	<i>Gas turbine generator</i>	a. <i>sistem emergency alarm</i>	Rp 6,500,000.00
		b. <i>safety training</i>	Rp 8,500,000.00
		Total	Rp 15,000,000.00
5	<i>Nitrogen plant</i>	a. <i>control valve non brittle</i>	Rp 15,000,000.00
		b. <i>safety training</i>	Rp 8,500,000.00
		Total	Rp 23,500,000.00
6	<i>Accommodation area</i>	a. <i>Sprinkler system</i>	Rp 3,500,000.00
		b. <i>safety training</i>	Rp 8,500,000.00
		b. <i>Sistem emergency alarm</i>	Rp 6,500,000.00
		Total	Rp 18,500,000.00
7	<i>Recondenser</i>	a. <i>sistem emergency alarm</i>	Rp 6,500,000.00
		b. <i>safety training</i>	Rp 8,500,000.00
		Total	Rp 15,000,000.00
8	<i>Unit metering</i>	a. <i>sistem emergency alarm</i>	Rp 6,500,000.00
		b. <i>gas detector</i>	Rp 2,500,000.00
		c. <i>safety training</i>	Rp 8,500,000.00
		Total	Rp 17,500,000.00
9	<i>Sea water system</i>	a. <i>Sistem pompa cadangan</i>	Rp 20,000,000.00
		Total	Rp 20,000,000.00

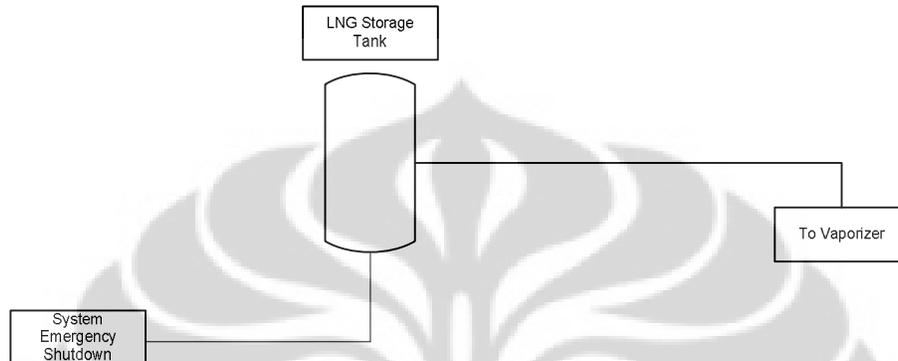
10	<i>Emergency flare</i>	a. <i>control valve</i>	Rp	1,200,000.00
		b. <i>safety training</i>	Rp	8,500,000.00
		b. Sistem emergency alarm	Rp	6,500,000.00
	Total			Rp
11	<i>Mooring system</i>	a. Sistem tambat tambahan (2 unit)	Rp	5,000,000.00
		b. Sistem <i>emergency alarm</i>	Rp	6,500,000.00
		c. <i>safety training</i>	Rp	8,500,000.00
	Total			Rp
12	<i>Pipeline</i>	a. <i>Control valve</i>	Rp	15,000,000.00
		b. Sistem <i>emergency alarm</i>	Rp	6,500,000.00
	Total			Rp
13	<i>Loading Arm</i>	a. sistem <i>emergency alarm</i>	Rp	6,500,000.00
		b. <i>Breathing asparatus</i>	Rp	12,500,000.00
		c. <i>safety training</i>	Rp	8,500,000.00
	Total			Rp
Total			Rp	299,700,000.00



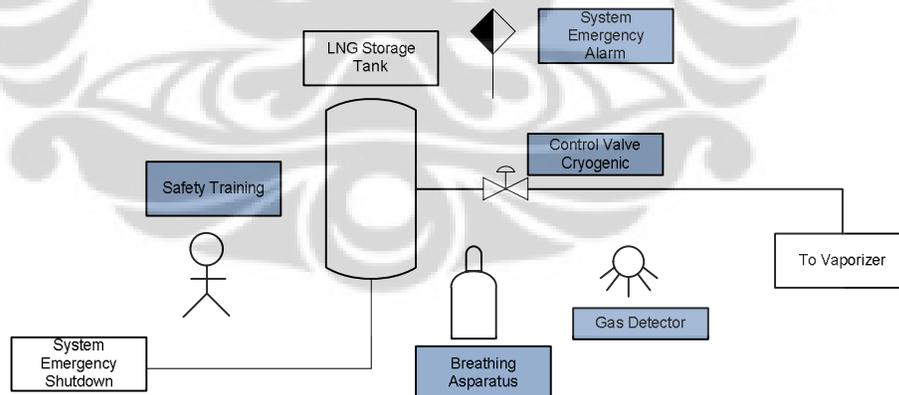
LAMPIRAN C

Contoh pertambahan alat pada proses *value engineering*

- a. Sebelum dilakukan *escalation guard* dan *mitigation* pada area LNG Storage Tank



- a. Setelah dilakukan *escalation guard* dan *mitigation* pada area LNG Storage Tank



Escalation & Mitigation	Define Cost
<i>Breathing Asparatus</i>	Rp. 12.500.000
<i>Gas Detector</i>	Rp. 2.500.000
<i>Emergency Alarm</i>	Rp. 6.500.000
<i>Safety Training</i>	Rp. 8.500.000
<i>Control Valve Cryogenic</i>	Rp. 15.000.000
Total	Rp. 45.000.000

