

STUDI RISIKO DAN BIAYA PADA TAHAP PERENCANAAN PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN INDUSTRI MIGAS (STUDI KASUS: PROYEK X)

Mathawi¹, Johny Johan²

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta
Email: bariosawi@yahoo.com

²Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta
Email: johnyjohan@gmail.com

Masuk: 15-01-2019, revisi: 05-03-2019, diterima untuk diterbitkan: 25-09-2019

ABSTRAK

Industri konstruksi untuk bangunan industri khususnya industri MIGAS sangat rentan terhadap risiko ketidakpastian karena sifat bisnisnya dari penilaian investasi awal proyek sampai dengan penyelesaian fisik diakhir proyek. Dan juga sangat rentan terhadap bahaya jika tidak ada langkah langkah yang tepat dan tindakan pencegahan yang diambil, terutama dalam mengelola risiko dan ketidakpastian. Manajemen risiko memastikan bawah risiko dapat diidentifikasi, diperiksa dan dimitigasi dimana para stakeholder sebagai kunci dalam setiap pengambilan keputusan. Penerapan manajemen risiko dalam suatu proyek sangat diperlukan agar tingkat keberhasilannya tinggi dan menghasilkan keuntungan yang tinggi pada tim proyek. Pada penelitian ini dilakukan studi risiko dan biaya dengan mengidentifikasi, mengevaluasi terhadap laporan HAZOP studi terhadap dampak biaya. Analisis risiko dan biaya dievaluasi dengan menggunakan metode simulasi Monte Carlo dengan bantuan perangkat lunak *Crystall Ball* Versi 11.1.2.3 untuk menentukan konsekuensi risiko dan biaya apa saja yang paling signifikan dalam suatu sistim pada instalasi produksi dan kelayakan suatu proyek untuk dapat dilanjutkan pada tahap konstruksi. Studi Risiko dan biaya pada tahap FEED (perencanaan awal) dengan mengevaluasi laporan HAZOP dilakukan dengan teknik probabilitas menggunakan bantuan software crystal ball Ver.11.1. Dari hasil simulasi pada tingkat keyakinan 90% diperoleh nilai rentang risiko yang masuk dalam kategori Low (rendah) berdasarkan spesifikasi ring rangking dari pihak OWNER. Sedangkan estimasi biaya proyek berdasarkan standar AACE pada tingkat keyakinan 90% masih berada dalam pada rentang nilai biaya tersebut.

Kata kunci: Manajemen Risiko; HAZOP studi; Simulasi Monte Carlo; Crystall Ball

ABSTRACT

The construction industry for industrial buildings, especially the Oil and Gas industry, is very vulnerable to the risk of uncertainty because of the nature of its business from the initial investment appraisal of the project to the physical completion at the end of the project. And it is also very vulnerable to danger if there are no appropriate steps and precautions taken, especially in managing risks and uncertainties. Risk management ensures that risks can be identified, examined and mitigated by which stakeholders are key in every decision making. The application of risk management in a project is very necessary so that the success rate is high and produces high profits on the project team. In this research, a risk and cost study is carried out by identifying, evaluating the HAZOP study report on the impact of costs. Risk and cost analysis is evaluated using the Monte Carlo simulation method with the help of the Crystall Ball software Version 11.1.2.3 to determine the consequences of the most significant risks and costs in a system at a production plant and the feasibility of a project to proceed at the construction stage. Risk and cost studies at the FEED (initial planning) stage by evaluating the HAZOP report were carried out using probability techniques using the help of crystal ball software Ver.11.1. From the simulation results at a 90% confidence level, the risk range values are included in the Low category based on the ring rank specifications of the OWNER. While the estimated project costs based on AACE standards at a 90% confidence level are still within the range of these cost values.

Keywords: Risk Management; HAZOP study; Monte Carlo Simulation; Crystall Ball

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Sektor Minyak dan Gas bumi (MIGAS) merupakan salah satu elemen penting bagi negara yang sedang berkembang untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat. Dan juga mengejar ketertinggalan dari Negara-negara lain. Tingginya konsumsi masyarakat akan bahan bakar minyak (BBM) seiring dengan pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi setiap tahunnya menjadi isu sentral energi belakangan ini. Sehingga upaya pembangunan nasional yang sedang dilakukan pada hakikatnya adalah upaya peningkatan kesejahteraan rakyat dengan cara meningkatkan produksi minyak dari sumur sumur yang sudah ada.

Lapangan X terletak di Desa Pelawad, Kerawang, Jawa Barat, yang merupakan wilayah kerja dari PT. ABC – Subang Field. Fasilitas produksi permukaan yang disebut Stasiun Pengumpul X terletak di lokasi sumur ABC-03, akan dibangun dengan 2 (dua) skema pengadaan, yaitu: fasilitas sewa dan permanen. Fluida minyak dari lapangan X akan diproduksi terlebih dahulu dari semua sumur - sumur X. Fluida produksi lapangan X akan diproses untuk memenuhi spesifikasi gas dan minyak penjualan.

SP (Stasiun Pengumpul) X dirancang utk memproduksi 7 MMSCFD gas (6 MMSCFD gas non asso dan 1 MMSCFD gas asso), 2700 BOPD dan 500 BWPD. Gas asso adalah gas dengan kandungan CO₂ tinggi dan belum dapat diolah sedangkan gas non asso adalah gas dengan kandungan CO₂ rendah dan dapat diolah.

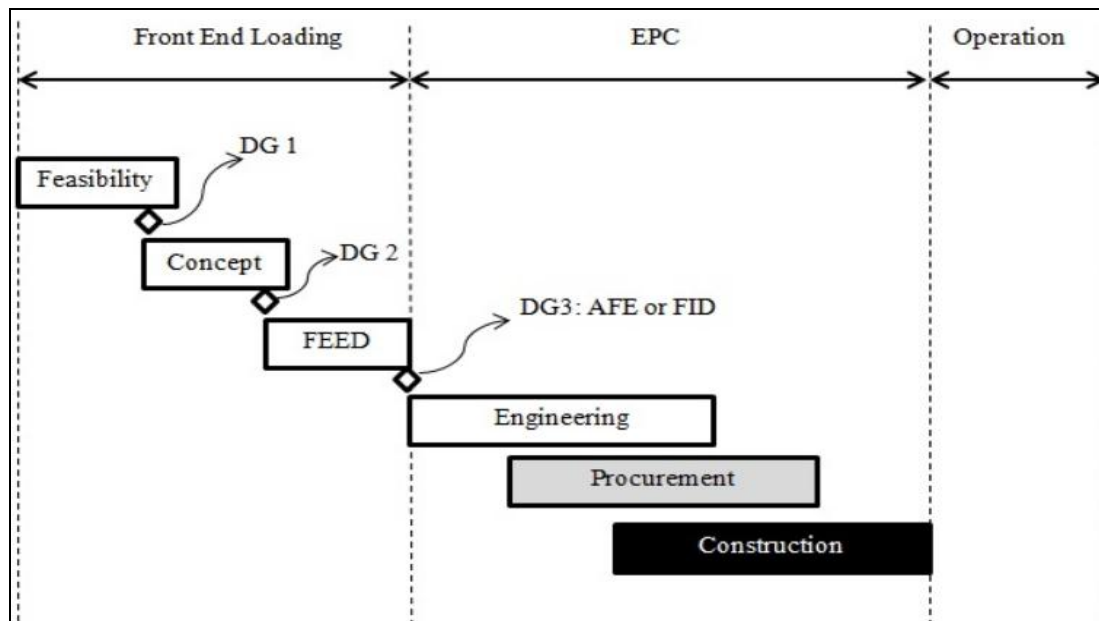
FEED (Perencanaan Awal)

FEED (*Front End Engineering Design*) disebut juga FEL (*Front End Loading*) adalah Fase perencanaansuatu proyek dimanadokumen FEED akan dijadikan sebagai dokumenlelang/tender untuk pekerjaan EPC. Pada fase FEED OWNER akan menetapkan design basis dan melakukan design awal dari konstruksi bangunan yang akan dibangun.

Tujuan FEED adalah untuk mengembangkan ruang lingkup proyek dan untuk menyediakan semua spesifikasi yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek. Spesifikasi desain teknik (*Engineering Design Spesification*) dan perkiraan biaya proyek (*Owner Estimate*) merupakan produk utama dari fase ini. Fase FEED dikerjakan oleh konsultan engineering yang ditunjuk oleh OWNER melalui proses Lelang/Tender.

EPC (*Engineering, Procurement and Construction*)

Suatu proses dimana kontraktor mengerjakan proyek dengan ruang lingkup tanggung jawab penyelesaian pekerjaan meliputi studi desain, pengadaan material dan konstruksi serta perencanaan dari ketiga aktivitas tersebut. Biasanya digunakan untuk proyek proyek yang kompleks seperti: industri MIGAS, pabrik pupuk, petrochemical. Lingkup pekerjaan EPC meliputi: pengadaan material dan peralatan, seluruh desain, *engineering, procurement*, konstruksi dan pekerjaan instalasi termasuk *commissioning, start-up*, pelatihan, serta kegiatan penerimaan dan pengetesan. Sehingga semua tugas yang diperlukan sudah siap untuk dioperasikan dan diserahkan ke OWNER.



Gambar 1. Typical life cycle of oil and gas projects
Sumber: Moazzami, M, 2015

Tingkat akurasi biaya pada tahap FEED termasuk dalam Class 3 berdasarkan sistem klasifikasi perkiraan biaya yang dikembangkan oleh AACE (Association of Advancement Cost Engineering) Internasional, kisaran akurasi perkiraan rendah dan tinggi pada tahap FEED adalah Low : -10% hingga -20% dan High : + 10% hingga + 30%

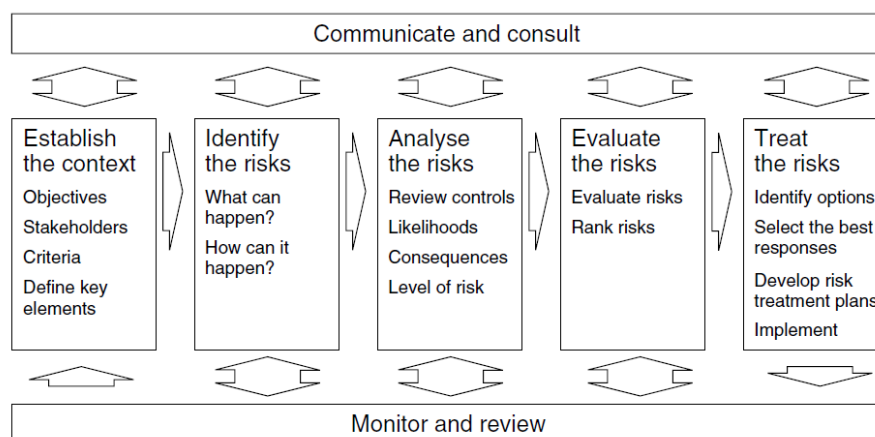
ESTIMATE CLASS	Primary Characteristic	Secondary Characteristic			
	LEVEL OF PROJECT DEFINITION Expressed as % of complete definition	END USAGE Typical purpose of estimate	METHODOLOGY Typical estimating method	EXPECTED ACCURACY RANGE Typical variation in low and high ranges [a]	PREPARATION EFFORT Typical degree of effort relative to least cost index of 1 [b]
Class 5	0% to 2%	Concept Screening	Capacity Factored, Parametric Models, Judgment, or Analogy	L: -20% to -50% H: +30% to +100%	1
Class 4	1% to 15%	Study or Feasibility	Equipment Factored or Parametric Models	L: -15% to -30% H: +20% to +50%	2 to 4
Class 3	10% to 40%	Budget, Authorization, or Control	Semi-Detailed Unit Costs with Assembly Level Line Items	L: -10% to -20% H: +10% to +30%	3 to 10
Class 2	30% to 70%	Control or Bid/Tender	Detailed Unit Cost with Forced Detailed Take-Off	L: -5% to -15% H: +5% to +20%	4 to 20
Class 1	50% to 100%	Check Estimate or Bid/Tender	Detailed Unit Cost with Detailed Take-Off	L: -3% to -10% H: +3% to +15%	5 to 100

Notes: [a] The state of process technology and availability of applicable reference cost data affect the range markedly. The +/- value represents typical percentage variation of actual costs from the cost estimate after application of contingency (typically at a 50% level of confidence) for given scope.
[b] If the range index value of "1" represents 0.005% of project costs, then an index value of 100 represents 0.5%. Estimate preparation effort is highly dependent upon the size of the project and the quality of estimating data and tools.

Gambar 2. AACE Matrix Estimasi Biaya

Manajemen Risiko

Suatu pendekatan terstruktur/metodologi dalam mengelola ketidakpastian berkaitan dengan ancaman. Suatu rangkaian aktivitas manusia termasuk ; penilaian risiko, pengembangan strategi untuk mengelolanya dan mitigasi risiko dengan menggunakan pemberdayaan/pengelolaan sumberdaya.



Gambar 3. Proses Manajemen Risiko dalam suatu Proyek

Sumber: Dale, 2005

Hazard and Operability (HAZOP)

Hazard and Operability (HAZOP) merupakan salah satu metode analisa kualitatif untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan permasalahan operasi dari suatu proyek/fasilitas. Menurut Dale (2005) HAZOP memfokuskan untuk memeriksa sistem proses yang diusulkan, peralatan dan prosedur secara sistematis dan secara detail, melalui penggunaan yang terstruktur melalui proses **“brainstorming”** menggunakan **guidewords** untuk segera memeriksa penyimpangan dari kondisi desain.

<i>Guide word</i>	<i>Description</i>	<i>Examples</i>
none	Nothing when there should be something	No flow, reverse flow
more of	More of the associated aspect than there should be	High flow, high temperature, high pressure, high viscosity
less of	Less of the associated aspect than there should be	Low flow, low temperature, low pressure, low viscosity
part of	Composition different from what it should be	Missing components, changed ratios
more than	More components in the system than there should be	Impurities present, extra phase
other	Other sources of deviation	Start up, shut down, different operating conditions, services failure, etc.

Gambar 4. Contoh HAZOP *guide words*

Sumber: Dale, 2005

HAZOP studi menggunakan sekumpulan orang yang ahli (*expertise*) dengan keahlian yang meliputi desain proses atau produk dan aplikasinya (ICHQ9).

Menurut Dale (2005) Studi HAZOP difasilitasi oleh orang yang independen dan berpengalaman termasuk manajemen, desain, operasi dan personel pemeliharaan (operation and maintenance team) yang terlibat langsung dalam proyek.

HAZARD EFFECT (SEVERITY)					Level	PROBABILITY (LIKELIHOOD)					
						The consequence is almost impossible to occur	The consequence is unlikely to occur	The consequence is moderately likely to occur	The consequence is likely to occur	The consequence is almost certain to occur	The consequence is definitely to occur
People	Environment	Asset (Cost)	Reputation	Legal		1 Almost impossible	2 Very Low	3 Low	4 Medium	5 High	6 Very High
> 2 Fatality	Major impact to the environment, total Loss of Containment (≥ 500 bbls)	Major Loss ≥ US\$ 100 M	National impact	License to operate revoked	5 Catastrophic	5	10	15	20	25	30
1-2 Fatality	Significant impact to the environment, significant Loss ≥ 100 - 500 bbls	Significant Loss ≥ US\$ 10 M - 100 M	Regional impact	Significant penalty from regulator	4 Major	4	8	12	16	20	24
Permanent Disability, Lost Time Injury	Moderate impact to the environment, significant Loss ≥ 15 - 100 bbls	Moderate Loss ≥ US\$ 1 M - 10 M	Local impact	Moderate penalty from regulator	3 Moderate	3	6	9	12	15	18
Restricted Work, Medical Treatment	Slight impact to the environment, minor Loss ≥ 1 - 15 bbls	Minor Loss ≥ US\$ 100 k - 1 M	Internal impact	Warning from regulator	2 Minor	2	4	6	8	10	12
First Aid Injury	Minimum impact to the environment, not significant Loss < 1 bbls	Not significant Loss < US\$ 100k	Not significant impact	Not significant reaction from regulator	1 Slight	1	2	3	4	5	6

Gambar 5. Spesifikasi Risk Ranging (Data Proyek)

Penerapan manajemen risiko (*Risk Management*) pada suatu proyek sebagai alat penting untuk mencapai kualitas yang lebih tinggi dan kuantitas pada proyek pengembangan energi terbarukan. Berdasarkan permasalahan diatas itu maka studi risiko pada laporan HAZOP studi dan biaya pada tahap perencanaan awal (*FEED stage*) akan dilakukan sebagai metode untuk mengetahui faktor faktor apa saja yang mempunyai dampak signifikan dalam kegiatan manajemen proyek sebelum dilanjutkan tahapan konstruksi terintegrasi (EPC). Dan Untuk mendalami proses tahapan lelang/tender pada industri konstruksi khususnya MIGAS dari tahapan FEED (Perencanaan awal).

Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

- Studi tentang risiko dan biaya pada tahap perencanaan proyek konstruksi bangunan industry migas.
- Apakah dari hasil studi risiko berdasarkan laporan HAZOP studi dan biaya pada tahap FEED, proyek tersebut layak dilanjutkan ke tahapan konstruksi EPC dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Crystal Ball versi 11.1.
- Dari hasil studi risiko dan biaya, faktor-faktor apa saja yang paling berpengaruh/signifikan terhadap keseluruhan sistim dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Crystal Ball versi 11.1.

Manfaat penelitian

Studi risiko dan biaya perlu dilakukan pada tahap FEED (Perencanaan awal) sebagai salah satu teknik dalam menilai tentang kelayakan suatu proyek sebelum dilanjutkan pada tahap konstruksi (EPC). Hal ini sangat memberikan manfaat dalam dunia konstruksi pada umumnya khususnya industri MIGAS.

Simulasi Monte Carlo

Salah satu metode analisis risiko yang terdapat pada ISO 31000 adalah simulasi Monte Carlo, yaitu suatu metode yang dapat mengatasi situasi yang kompleks yang akan sangat sulit untuk dipahami dan dipecahkan dengan suatu metode analisis. Kegunaan dari metode ini adalah untuk

mengevaluasi efek dari ketidakpastian dalam suatu sistem dalam jangkauan luas. Dalam analisis risiko dan biaya simulasi Monte Carlo merupakan teknik matematika yang dikomputerisasi dan dapat memperhitungkan risiko dan biaya dalam analisis kuantitatif dan pengambilan keputusan.

Simulasi Monte Carlo melakukan analisis risiko dan biaya dengan membuat model dari hasil yang mungkin terjadi dengan mensubstitusi sebuah rentang nilai distribusi kemungkinan untuk faktor apapun yang mengandung ketidakpastian. Simulasi tersebut kemudian menghitung hasil berulang kali setiap kali menggunakan nilai acak yang berbeda dari fungsi kemungkinan.

Crystal Ball

Sebuah perangkat lunak tambahan dalam Microsoft Excel yang menyediakan fasilitas untuk mengaplikasikan Simulasi Monte Carlo dan analisis rangkaian waktu, peramalan (*Forecast*), optimasi dan analisis keputusan. Simulasi Monte Carlo adalah sebuah metode yang umum digunakan untuk menangani risiko serta ketidakpastian. Simulasi tersebut mengaitkan dengan ratusan bahkan ribuan replikasi dari sebuah model dimana variabel-variabel ketidakpastian digantikan dengan angka-angka yang dihasilkan dari distribusi yang tepat untuk merepresentasikan bentuk dari ketidakpastian dari variabel terkait.

Pada penelitian kali ini penyusun mengambil variabel tersebut berdasarkan data-data yang diperoleh dari laporan HAZOP studi yang telah dilaksanakan dan estimasi biaya proyek pada tahap FEED sebagai studi kasus pada proyek perencanaan konstruksi lapangan X. Untuk mencari nilai probabilitas digunakan berbagai distribusi. Dalam penelitian ini distribusi digunakan adalah distribusi triangular.

Analisa Sensitifitas

Analisis sensitifitas membantu menentukan risiko mana yang paling potensial berdampak dalam suatu proyek. Analisa ini membantu juga untuk memahami bagaimana variasi dalam tujuan proyek berkorelasi dengan variasi dalam ketidakpastian yang berbeda. Sebaliknya, ia menguji sejauh mana ketidakpastian setiap elemen proyek mempengaruhi tujuan yang sedang dipelajari ketika semua elemen tidak pasti lainnya masih tetap.

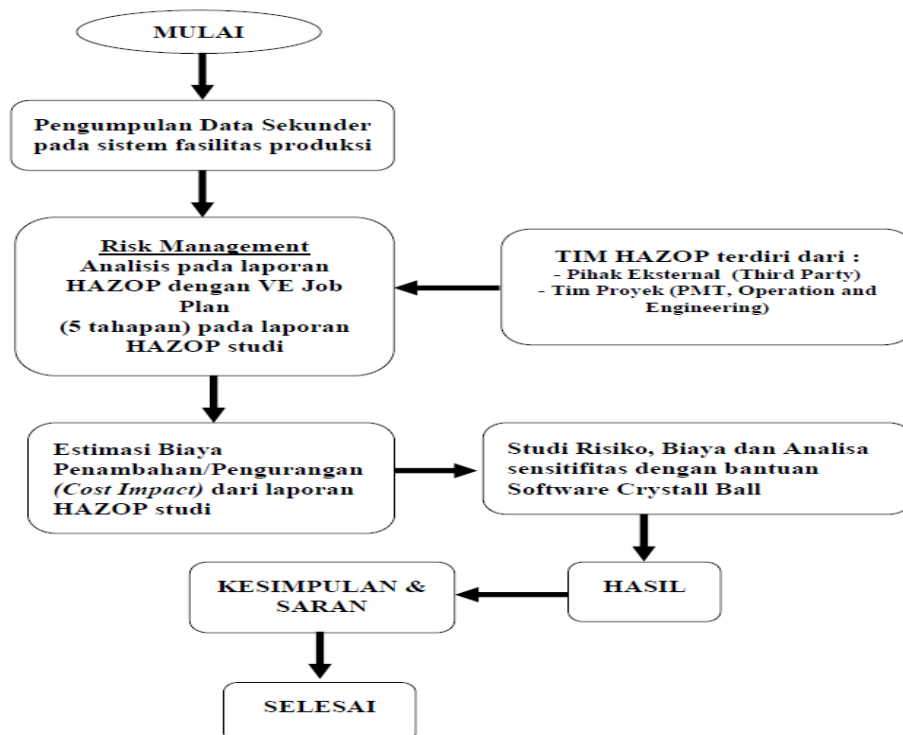
2. METODE PENELITIAN

Data-data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari pihak kedua. Proyek FEED Lapangan X yang dijadikan sebagai objek studi dalam penelitian ini berlokasi di Karawang Jawa Barat.

Tabel 1. Data Proyek

Nama Proyek	Pembangunan Fasilitas Produksi Lapangan Bambu Besar
Lokasi	Desa Pelawad-Karawang Jawa Barat
Data suhu	<i>Maximum</i> : 36.7 °C <i>Minimum</i> : 19.4 °C <i>Average</i> : 32 °C
Kelembaban	<i>Average</i> : 80%
Kecepatan Angin	<i>Maximum</i> : 8 knots (13.5 ft/s) <i>Minimum</i> : 1 knots (1.68 ft/s) <i>Average</i> : 4 knots (6.75 ft/s)
Tahapan Proyek	FEED (Front End Engineering Design) <i>stage</i>
Estimasi Nilai kontrak (IDR)	343,582,705.515
Estimasi Durasi keseluruhan proyek (Project Schedule)	609 hari (20 bulan)

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1 dari awal perencanaan sampai dengan kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan menganalisis laporan HAZOP studi dengan menggunakan teknik VE murni pada setiap NODE, kemudian dilanjutkan dengan analisis risiko dan biaya menggunakan *software crystal ball*.

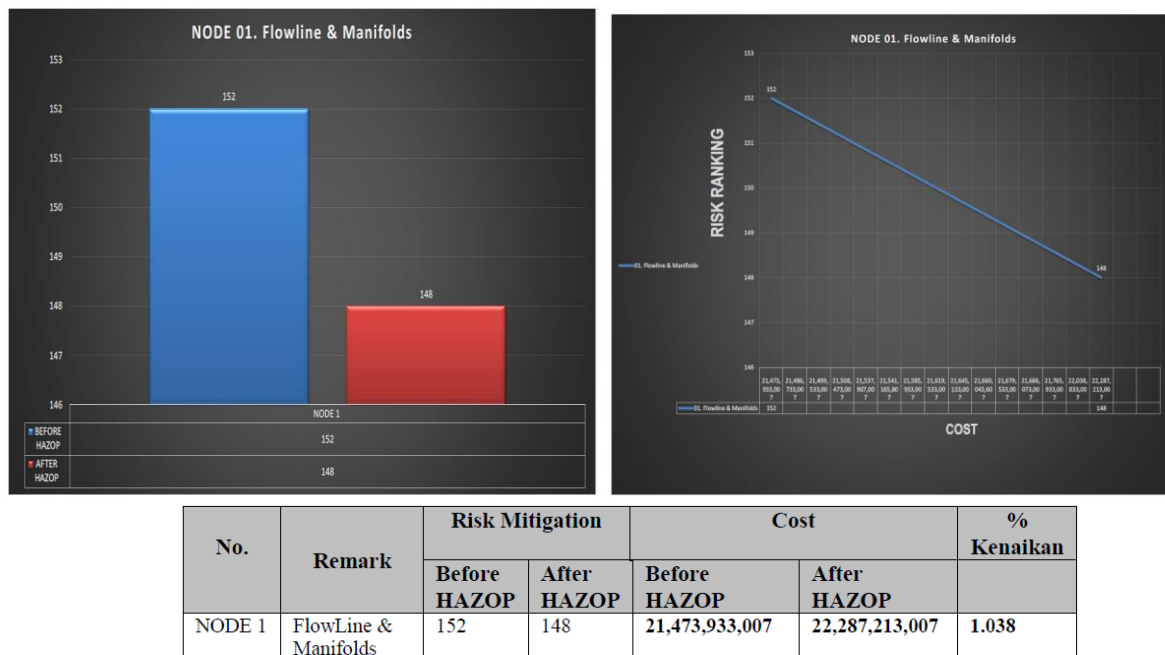
Pada proyek ini berdasarkan laporan HAZOP studi jumlah node telah ditentukan oleh Tim HAZOP sebanyak 16 buah antara lain:

Tabel 2. Keterangan NODE keseluruhan sistim

NODE	Keterangan
NODE 1	Flowline & Manifolds
NODE 2	HP Production Separator
NODE 3	HP Scrubber
NODE 4	Gas Processing Package (CO ₂ Removal & Dehydration Unit) dan LP Gas Compressor (Tidak dikaji, akan dikaji lebih lanjut oleh VENDOR pada fase EPC)
NODE 5	LP Production Separator
NODE 6	LP Scrubber
NODE 7	Wash Tank
NODE 8	Oil Production Tanks & Pumps
NODE 9	Produced Water Tanks, Test Tanks & Pumps
NODE 10	HP Test Separator
NODE 11	LP Test Separator
NODE 12	HP Flare KO Drum & HP Flare
NODE 13	LP Flare KO Drum & LP Flare
NODE 14	Electricity System
NODE 15	Instrument Air System
NODE 16	Fire Water System

Node 1

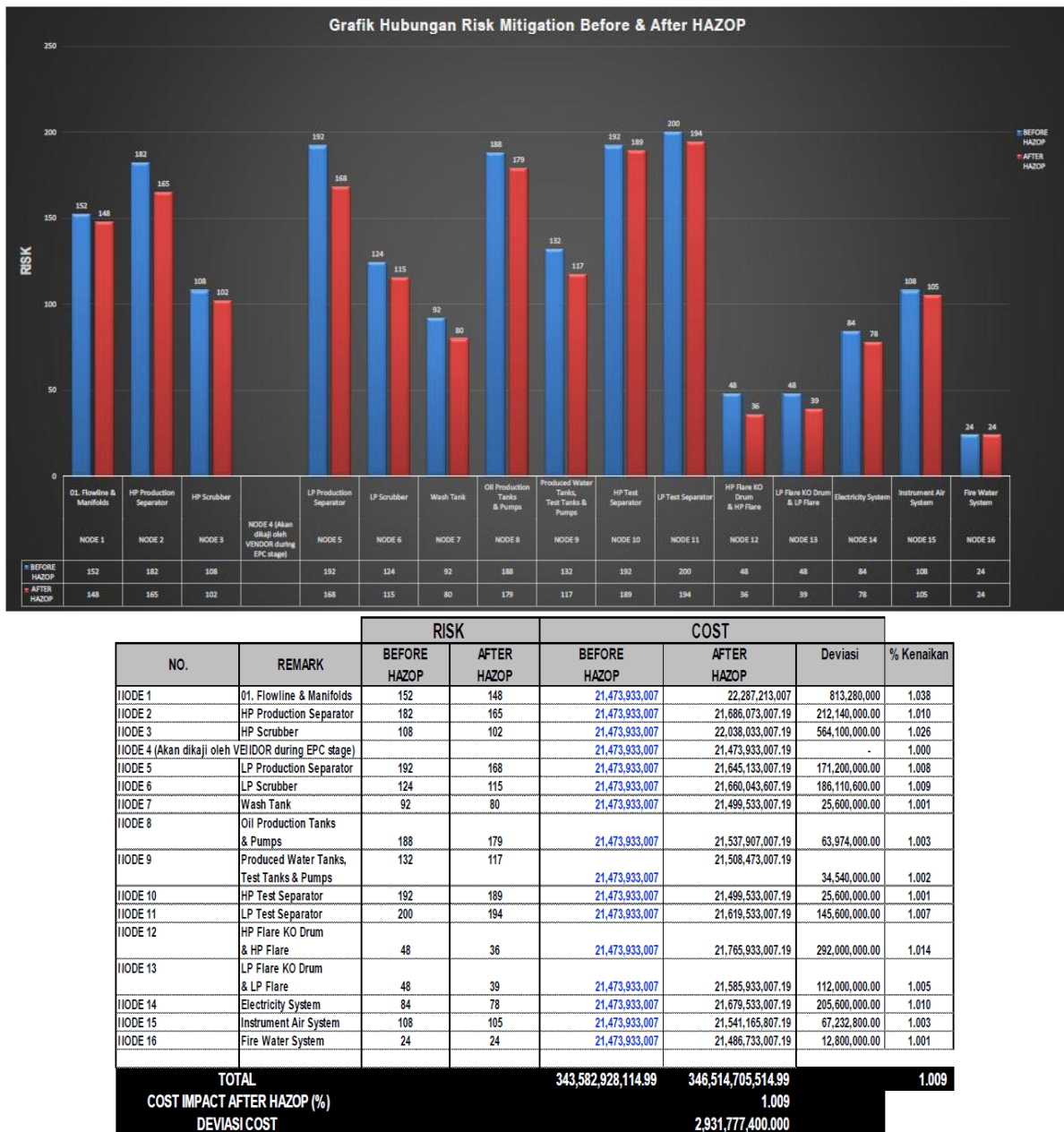
Setelah dilakukan studi dengan teknik VE dan mengevaluasi laporan HAZOP studi terhadap risk ranking maka hasilnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Ringkasan Kajian Risiko dan Biaya pada NODE 1

Pada Keseluruhan NODE

Ringkasan dari hasil kajian risiko pada sistim secara keseluruhan.



Gambar 8. Ringkasan Kajian Risiko dan Biaya keseluruhan Sistim

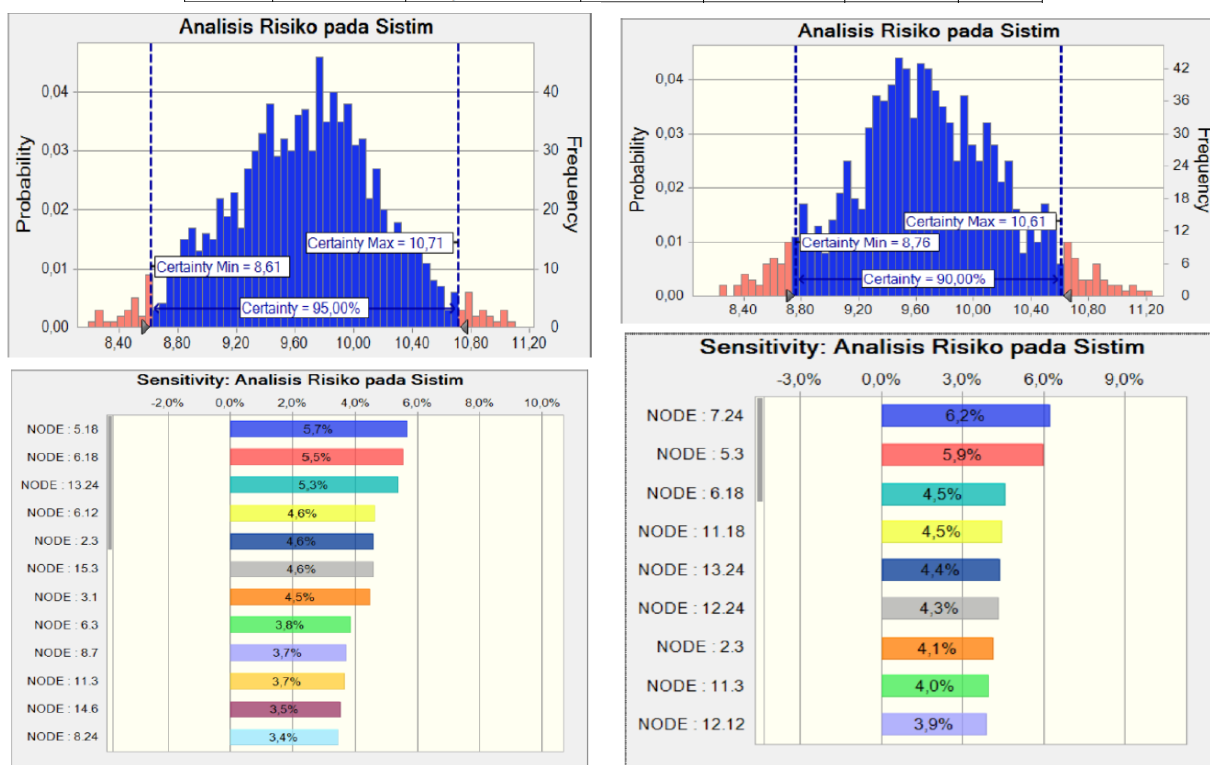
Dari gambar diatas dapat dilihat kenaikan biaya secara keseluruhan setelah dilakukan analisis pada laporan HAZOP studi sebesar 1.009%.

Analisis Sensitifitas untuk Risiko pada Keseluruhan Sistem

Skala risiko minimum diperoleh berdasarkan data spesifikasi risk ranking dari pihak OWNER. Likelihood: Risk ranking after HAZOP hasil rekomendasi dari tim HAZOP dari keseluruhan NODE pada sistim.

Skala risiko maksimum diperoleh berdasarkan data spesifikasi risk ranking dari OWNER.

NODE	Guideword	Konsekuensi	Tingkat Keparahan	Skala Risiko Min.	Likelihood	Skala Risiko Max.
1.4	Reverse flow	Kerugian produksi	R2	2	6	12
1.10	Less Temperature	Pembentukan deposit/wax/parafin pada perpipaan menyebabkan pembacaan instrumentasi tidak akurat	A2	2	6	12
2.3	No Flow	Kerugian produksi	R3	3	9	18
2.11	More Level	Liquid carry over ke HP Scrubber (2-14-D-05)	A2	2	6	12
3.1	More Flow	More flow di HP Scrubber (2-14-D-05) menyebabkan liquid carry over (sebagai mist) ke pipeline	A3	3	9	18
3.3	No Flow	Low pressure pada HP Scrubber (2-14-D-05) menyebabkan kerugian produksi	R3	3	9	18
5.3	No Flow	Kerugian produksi	R3	3	9	18
5.11	More Level	Liquid carry over ke LP Scrubber (2-14-D-06)	A3	3	9	18



Gambar 9. Input Analisis Resiko & hasil simulasi pada tingkat keyakinan 95% & 90%

Berdasarkan dari beberapa hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan beberapa hal berikut ini:

- Pada tingkat keyakinan 95% hasil yang diperoleh adalah probabilitas tingkat risiko dengan rentang **8,61** hingga **10,71**.
- NODE 5.18 (LP Production Separator - Maintenance) dengan konsekuensi ball valve tidak bisa digunakan untuk mengatur laju alir memiliki nilai sensitifitas paling tinggi sebesar **5.7%**
- Pada tingkat keyakinan 90% hasil yang diperoleh adalah probabilitas tingkat risiko dengan rentang **8,76** hingga **10,61**.
- NODE 7.24 (Wash Tank - Design) dengan konsekuensi menyebabkan hambatan pada venting line dan flame arrestor tidak optimal untuk melindungi tanki memiliki nilai sensitifitas paling tinggi sebesar **6.2%**

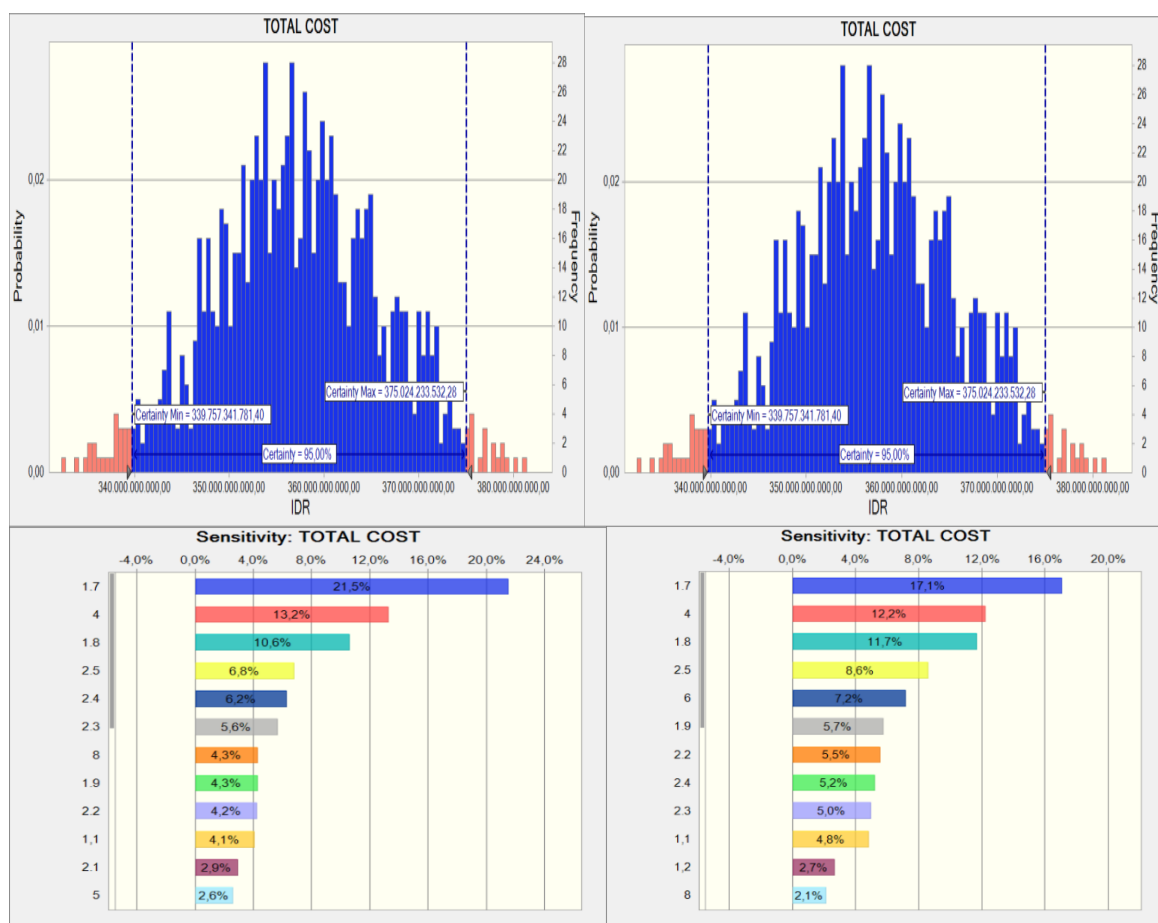
Analisis Sensitifitas untuk Biaya pada Keseluruhan Sistem

Estimasi biaya minimum diperoleh berdasarkan AACE *Cost Estimate Matrix* pada Class 3 dengan L: - 20% dari biaya pada tiap-tiap WBS Level.

Likelihood: biaya perencanaan awal yang disusun pada tahap FEED

c. Estimasi biaya maksimum AACE *Cost Estimate Matrix* pada Class 3 dengan H : + 30% dari biaya pada tiap-tiap WBS Level.

WBS Level	Keterangan	Skala Biaya Min. (Milyar)	Likelihood (Milyar)	Skala Biaya Max. (Milyar)
1.1	Package static	15,124,900,000	18,906,125,000	24,577,962,500
1.2	Tank	8,636,360,559	10,795,450,700	14,034,085,910
1.3	Vessel	1,310,214,299	1,637,767,874	2,129,098,236
1.4	Fuel Gas Package	5,092,000,000	6,365,000,000	8,274,500,000
1.5	Pigging	2,290,060,924	2,862,576,156	3,721,349,003
1.6	Flare & Vent	5,917,816,800	7,397,271,000	9,616,452,300
1.7	LP Gas Compressor Package	3,290,668,000	41,613,335,000	54,097,335,500
1.8	CO2 Removal Package	2,960,000,000	28,700,000,000	37,310,000,000



Gambar 10. Input Analisis Biaya & hasil simulasi pada tingkat keyakinan 95% & 90%

- a. - Pada tingkat keyakinan 95% hasil yang diperoleh adalah probabilitas tingkat biaya dengan rentang 339.757 M hingga 375.024 M.
- WBS Level 1.7 (LP Gas Compressor Package) memiliki nilai sensitifitas paling tinggi sebesar 21.5%.
- b. - Pada tingkat keyakinan 90% hasil yang diperoleh adalah probabilitas tingkat biaya dengan rentang 343.844 M hingga 372.983 M.
- WBS Level 1.7 (LP Gas Compressor Package) memiliki nilai sensitifitas paling tinggi sebesar 17.1%.

4. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Berdasarkan hasil rekomendasi dari laporan HAZOP studi setelah dilakukan studi terhadap risiko dan biaya pada keseluruhan NODE dengan menggunakan teknik *VE Job Plan* maka diperoleh kenaikan biaya sebesar 1.009% (2,931,777,400 Milyar). Dampak kenaikan biaya (*cost impact*) sebesar 1.009% tidak terlalu signifikan dari total keseluruhan biaya proyek maka proyek FEED Lapangan Bambu Besar layak untuk dilanjutkan pada tahap konstruksi (EPC).
- b. Hasil Analisis Risiko pada keseluruhan NODE dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tingkat Keyakinan (Confidence Level)	Rentang Resiko	Significant Risiko
95%	8.61 to 10.71	NODE 5.18 sebesar 5.7 %
90%	8.76 to 10.61	NODE 7.24 sebesar 6.2 %
85%	8.91 to 10.53	NODE 5.12 sebesar 5.6 %
80%	8.97 to 10.35	NODE 13.24 sebesar 6.4 %
70%	9.14 to 10.25	NODE 13.12 sebesar 6.9 %

Dari tabel diatas terlihat hasil analisa sensitifitas risiko berbeda-beda tergantung pada pada tingkat keyakinan (*Confidence Level*) yang digunakan.

Berdasarkan hasil simulasi diatas dari beberapa tingkat keyakinan dan berdasarkan beberapa literatur statistik yang umum digunakan.

Penyusun memilih pada tingkat keyakinan (C.L.) 90% dengan rentang risiko diantara 8.76 – 10.61. Berdasarkan spesifikasi Risk ranking dari OWNER maka risiko untuk keseluruhan proyek ini masuk dalam kategori dengan Probability (*likelihood*) LOW pada level Moderate - 3 (lihat lampiran) maka proyek tersebut layak dilanjutkan pada tahapan konstruksi dengan skema EPC.

- c. Hasil Analisis biaya secara keseluruhan proyek dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tingkat Keyakinan (Confidence Level)	Rentang Biaya (Milyar)	Signifikan Biaya
95%	339.757 to 375.024	WBS Level 1.7 sebesar 21.5 %
90%	343.844 to 372.983	WBS Level 1.7 sebesar 17.1 %
85%	345.787 to 370.456	WBS Level 1.7 sebesar 27.7 %
80%	346.461 to 370.021	WBS Level 1.7 sebesar 21.1 %
70%	348.595 to 367.024	WBS Level 1.7 sebesar 21.3 %

Berdasarkan dari hasil simulasi terhadap beberapa tingkat keyakinan maka pada tingkat keyakinan (C.L.) 90% dengan rentang biaya antara 343.844 – 372.983 Milyar, harga

perkiraan sendiri (*Owner Estimate*) pada tahap FEED senilai **346,514 Milyar** masih berada dalam rentang tersebut. Estimasi biaya proyek pada tahap FEED ini layak untuk dilanjutkan pada tahapan konstruksi (fase EPC).

- d. Dari hasil analisis sensitifitas pada pada tingkat keyakinan (*Confidence Level*) yang berbeda-beda diperoleh hasil yang sama yaitu pada WBS Level 1.7 (*LP Gas Compressor Package*) dikarenakan pada WBS tersebut mempunyai dampak biaya signifikan terhadap keseluruhan biaya proyek.
- e. Analisis sensitifitas sangat efektif membantu dalam menentukan faktor apa saja yang paling sensitif/ signifikan dalam suatu proyek.
- f. Studi HAZOP ini diimplementasikan dalam teknik *Value Engineering Job Plan*.

REFERENSI

- AACE International Recommended Practice No. 18R-97. *Cost Estimate Classification System – as Applied in Engineering, Procurement and Construction for the Process Industries*
- Berawi, M.A. (2007). *The Integration of Value and Risk Management in Infrastructure Projects: Learning from Others*. Quantity Surveying International conference Kuala Lumpur, Malaysia.
- Chapman, C & Ward, S. (2002). *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insight*. John Wiley & Sons
- Dale, C. (2005). *Project Risk Management: Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements*. John Wiley and Sons.
- Dell’Isola, A. (1997). *Value Engineering: Practical Application*. United States of America: RS Means Company Inc.
- Hamid, R.F, Nasiri S. (2012). *Integrating Risk Management and Value Engineering in the Development of Renewable Energy Project*. SAS Technical Paper Reference Number: 6-1-11-6480
- IEC 61882 (2016). *Hazard and Operability Studies (HAZOP Studies) - Application Guide*
- Moazzami, M. (2015). *A Theoretical Framework to Enhance the Conversion Process in Convertible Contracts*. International Journal of Construction Engineering and Management 2015, 4(6): 248-262.

