

SKRIPSI

**ANALISIS RISIKO KEBOCORAN *OFFSHORE PIPELINE*
DENGAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* DAN USG**

Disusun dan diajukan oleh :

SRI RAHAYU

D091181017



PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS RISIKO KEBOCORAN *OFFSHORE PIPELINE* DENGAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* DAN *USG*

Disusun dan diajukan oleh

Sri Rahayu
D091 18 1017

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 8 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Surya Hariyanto, S.T., M.T.
NIP.19710207 200012 1 001

Dr. Ir. Taufiqur Rachman, S.T., M.T.
NIP. 19690802 199702 1 001



Dr. Eng. Faisal Mahroddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP.19810211 200501 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Sri Rahayu

NIM : D091 18 1017

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul :

“Analisis Risiko Kebocoran Offshore Pipeline Dengan Metode Fault Tree Analysis dan USG”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 8 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Sri Rahayu

ABSTRAK

SRI RAHAYU. *Analisis Risiko Kebocoran Offshore Pipeline dengan metode Fault Tree Analysis dan USG* (dibimbing oleh Surya Hariyanto dan Taufiqur Rachman)

Dengan menggunakan pipa sebagai sarana untuk menyalurkan atau memindahkan fluida (minyak) merupakan pilihan yang tepat dan efisien. Namun saat terjadi kegagalan pada sistem perpipaan seperti kebocoran akan mengganggu proses dari penyaluran fluida (minyak) itu sendiri. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya kebocoran *pipeline* dengan metode FTA , faktor dominan terjadinya kebocoran *pipeline* menggunakan metode USG dan cara pengendalian risiko. Hal pertama yang pertama dilakukan yaitu mengetahui penyebab dari kebocoran pipa dengan menggunakan metode FTA dan selanjutnya akan dilakukan pemilihan prioritas masalah pokok dari akar-akar permasalahan dengan menggunakan metode USG dengan mewawancarai responden yang berpengalaman. Total nilai yang terbesar merupakan hasil prioritas masalah terbesar terjadinya kebocoran pipa dengan skor 114 dan rata-ratanya yaitu 12,6. Pada *intermediate event* yaitu cacat pengelasan dengan skor 22,7 dan rata-rata 11,3. Pada *main even* nilai tertinggi yaitu pada faktor eksternal dengan skor 32,3 dan rata-rata 10,8. Maka dari itu diperlukan untuk memperkuat sistem inspeksi dan melakukan *non-destructive test* secara menyeluruh.

Kata kunci : pipa bawah laut, *Fault Tree Analysis*, USG

ABSTRACT

SRI RAHAYU. *Offshore Pipeline Leakage Risk Analysis using Fault Tree Analysis and USG methods* (supervised by Surya Hariyanto and Taufiqur Rachman)

Using pipes as a means to channel or move fluids (oil) is the right and efficient choice. However, when a failure occurs in the piping system, such as a leak, it will disrupt the process of distributing the fluid (oil) itself. This final project aims to determine the causes of pipeline leaks using the FTA method, the dominant factors for pipeline leaks using the USG method and risk control methods. The first thing to do is find out the cause of the pipe leak using the FTA method and then select the priority of the main problems from the roots of the problem using the USG method by interviewing experienced respondents. The largest total value is the priority result of the biggest problem with a pipe leak with a score of 114 and an average of 12.6. In the intermediate event, namely welding defects with a score of 22.7 and an average of 11.3. In the main event the highest score is on external factors with a score of 32.3 and an average of 10.8. Therefore it is necessary to strengthen the inspection system and carry out non-destructive tests as a whole.

Keywords: underwater pipeline, Fault Tree Analysis, USG

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Offshore Pipeline</i>	5
2.2 Gambaran Instalasi <i>Offshore</i> ke <i>Onshore</i>	6
2.3 Komponen Sistem Perpipaan Transmisi Minyak Mentah	8
2.3.1 <i>Pipeline</i>	8
2.3.2 <i>Valve</i>	8
2.3.3 Pompa Sentrifugal	9
2.3.4 Separator 3 fasa.....	9
2.3.5 Motor Induksi listrik	10
2.4 Kebocoran Pipa Bawah Laut	11
2.5 Konstruksi Pipa Bawah Laut	12
2.6 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Migas <i>Offshore</i>	20
2.6.1 Potensi Bahaya.....	21
2.6.2 Faktor Terjadinya kecelakaan	24
2.6.3 Kegunaan Pelatihan K3 Migas	25
2.7 Dasar Konsep Risiko.....	26
2.8 Fault Tree Analysis	27

2.9	Metode <i>Urgency, Serousness, Growth</i> (USG).....	29
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	31
3.2	Tahapan Penelitian.....	31
3.3	Kerangka Alur Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Analisa Risiko.....	35
4.2	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	35
4.3	<i>Urgency, Seriousness, Growth</i> (USG).....	32
4.4	Dampak dan Pengendalian Risiko	43
BAB V PENUTUP.....		46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur <i>tension leg platform</i> (TLP).....	6
Gambar 2 Kegiatan <i>Onshore</i>	7
Gambar 3 Instalasi pipa <i>offshore</i> ke <i>onshore</i>	7
Gambar 4 <i>Pipeline</i>	8
Gambar 5 <i>Valve</i>	9
Gambar 6 Pompa Sentrifugal	9
Gambar 7 Separator 3 fasa	10
Gambar 8 Motor Induksi listrik.....	11
Gambar 9 Kebocoran pipa bawah laut	12
Gambar 10 kebocoran pipa yang di sebabkan korosi.....	12
Gambar 11 Inspeksi pipa bawah laut	13
Gambar 12 Pengelasan pipa bawah laut.....	13
Gambar 13 <i>Radiography Test</i>	14
Gambar 14 <i>Magnetic Particle Inspection</i>	15
Gambar 15 <i>Dye Penetrant test</i>	16
Gambar 16 <i>Ultrasonic Flaw Detector</i>	17
Gambar 17 <i>Vacum Test</i>	18
Gambar 18 <i>Holiday Detector</i>	19
Gambar 19 <i>Coating</i> pada pipa bawah laut	19
Gambar 20 Proteksi Katodik pada pipa bawah laut	20
Gambar 21 Instalasi pipa dari <i>platform</i> ke terminal.....	31
Gambar 22 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 23 <i>Top Even</i> dan <i>main event</i>	36
Gambar 24 Faktor Eksternal kebocoran pipa.....	30
Gambar 25 Faktor Internal kebocoran pipa	31
Gambar 26 Rata-rata pada <i>Basic Event</i>	40
Gambar 27 Grafik Rata-rata pada <i>Intermediate event</i>	41
Gambar 28 Grafik Rata-rata pada faktor eksternal dan internal	43
Gambar 29 Dampak lingkungan akibat kebocoran <i>pipeline offshore</i>	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Istilah dalam metode <i>Fault Tree Analysis</i>	28
Tabel 2 Simbol-simbol dalam <i>Fault Tree Analysis</i>	28
Tabel 3 Tabel prioritas masalah metode USG	30
Tabel 4 Cut set dari FTA kebocoran <i>offshore pipeline</i>	32
Tabel 5 Rubrik Penentuan nilai prioritas masalah	33
Tabel 6 Kuisisioner terkait kebocoran <i>offshore pipeline</i>	35
Tabel 7 Total nilai rata-rata setiap masalah pada (<i>basic even</i>)	38
Tabel 8 <i>Range</i> Skor pada setiap masalah penyebab kebocoran pada pipa	39
Tabel 9 Total nilai rata-rata setiap masalah (<i>Intermediate Even</i>) dari para responden	41
Tabel 10 Total nilai rata-rata setiap masalah (<i>Top Even</i>)	42

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i>
USG	<i>Urgency, Serousnes, Growth</i>
TCF	<i>Trillion Cubic Feet</i>
NDT	<i>Non-Destructive Test</i>
TLP	<i>tension leg platform</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 FTA Kebocoran <i>Offshore pipeline</i>	49
Lampiran 2 Penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N1	50
Lampiran 3 penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N2	52
Lampiran 4 penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N3	54
Lampiran 5 penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N4	56
Lampiran 6 penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N5	58
Lampiran 7 penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N6	60
Lampiran 8 penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N7	62
Lampiran 9 penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N8	64
Lampiran 10 penentuan nilai prioritas masalah dengan metode USG oleh N9	66
Lampiran 11 standar DNV-OS-F101 Untuk sistem pipa bawah laut	68
Lampiran 12 kasus kebocoran pipa dikarenakan cacat pipa	69
Lampiran 13 kasus kebocoran pipa yang disebabkan korosi	70
Lampiran 14 kasus kebocoran dikarenakan <i>human error</i>	71

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim.

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Syukur Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah Subhanallah Wa Ta'ala, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **Risiko Kebocoran Offshore Pipeline dengan Metode Fault Tree Analysis dan USG**. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu'Alaihi Wassalam, beserta seluruh keluarga dan para sahabat.

Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat dalam mencapai jenjang sarjana Teknik (S1) yang nantinya dapat memberikan kontribusi kepada para pembaca untuk dijadikan referensi dalam menambah Ilmu Pengetahuan mengenai risiko kebocoran pada *offshore pipeline*.

Berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu dengan hati yang tulus, penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya. Terutama kepada kedua orang tua penulis yaitu Ayahanda Muhammad Daud dan Ibunda Wa Ode Sitti Sarma yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moral maupun material, merupakan kekuatan besar bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan bantuan berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Surya Hariyanto, S.T.,M.T. Selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan dan bimbingannya hingga terselesaikan nya skripsi ini.
2. Bapak Taufiqur Rachman, S.T., M.T. selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan dan bimbingannya hingga terselesaikan nya skripsi ini.
3. Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M. Tech, M. Eng. Selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Dosen – dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan.
5. Staf tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta penyelesaian skripsi ini.
6. Teman-teman Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2018 yang tidak dapat penulis sebut satu-persatu

7. Kepada Syahrul Al Adiyat dan Dhiyya Ul Haq, adik-adikku yang selalu menghibur dan memberi dukungan selama perkuliahan
8. Kepada keluarga yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan
9. Kepada teman-teman Kelas IPA 1 yang selalu menghibur
10. Dan semua orang yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu

Dengan begitu penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang mampu membangun penulis baik dari pembimbing, teman-teman dan pembaca untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan Mahasiswa/i yang akan melakukan penelitian serupa.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Gowa, 10 Juni 2023

Sri Rahayu

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pipeline merupakan suatu teknologi dalam mengalirkan fluida seperti minyak, gas, atau air dalam jumlah besar dan jarak yang jauh area lepas pantai. Pemasangan pipa bawah laut sebagai moda transportasi ini, selain dari segi ekonomi lebih murah dibandingkan dengan jenis moda transportasi lainnya, sarana ini harus dirancang dan dipasang sedemikian rupa untuk menjamin proses transportasi yang aman dan efisien. (Dirta Marina C, 2009)

Medan yang dilalui pipa sangat beragam, mulai dari dalam lautan, dataran rendah, dan di dalam tanah. Berdasarkan pada standar DNV OS F101 *Submarine Pipeline Systems 2000*, beban pada pipa dibagi menjadi 2, yaitu beban fungsional dan beban lingkungan. Dimana, beban-beban tersebut akan ditentukan terlebih dahulu sebelum proses desain dimulai.

Beban fungsional adalah beban yang berasal dari keberadaan fisik pipa. Hal ini sangat menentukan integritas dari sistem pipa, baik selama proses instalasi, *hydrotesting* dan pengoperasian. Yang termasuk beban fungsional adalah sebagai berikut:

- Gaya berat
Yang termasuk ke dalam beban ini meliputi berat pipa secara keseluruhan, berat isi yang diangkut dalam kondisi operasi dan *hydrotest*, serta gaya angkat.
- Tekanan
Beban tekanan yang dimaksud adalah tekanan-tekanan yang terjadi pada pipa yang terdiri dari tekanan internal, tekanan eksternal, dan tekanan tanah (untuk pipa yang terkubur).
- *Thermal expansion* dan *contraction*
Beban ini biasanya disebabkan oleh temperatur dan isi yang dialirkan di dalam pipa.
- *Pre-stressing*

Beban yang termasuk dalam beban ini biasanya adalah tekanan dari aktivitas pada saat pemasangan pipa.

Beban lingkungan adalah beban pada pipa yang diakibatkan oleh lingkungan sekitar, bukan beban fungsional atau beban *accidental*. Beban lingkungan yang bekerja pada pipa biasanya meliputi beban angin, gelombang, arus, beban hidrodinamik, dan fenomena lingkungan lainnya.

Selain beban fungsional dan lingkungan, dalam desain pipa juga dikenal adanya beban *accidental*, yaitu beban yang disebabkan oleh kondisi yang tidak direncanakan. Yang termasuk beban ini adalah benturan kapal, benda jatuh, gerakan tanah, gesekan jangkar, dan lain-lain.

Dalam industri pipa lepas pantai, salah satu tantangannya terkait dengan risiko yang ada pada setiap ancaman yang terjadi akibat permasalahan teknis hingga *human error*. Dalam kebocoran pipa bawah laut, banyak sekali faktor yang menimbulkan terjadinya risiko.

Pada kebocoran pipa bawah laut tentunya banyak sekali proses yang harus dilewati sehingga pipa bisa dikatakan aman untuk proses instalasinya. Berbagai macam proses tersebut tentunya memiliki banyak sekali faktor yang perlu diperhatikan agar pada proses konstruksinya berjalan aman sehingga proses pembuatan pipa tidak mengalami kesalahan fatal yang menyebabkan dampak yang berbahaya terhadap keselamatan, lingkungan, serta bisnis.

Untuk menentukan ruang lingkup dari analisa risiko pada kebocoran pipa bawah laut tersebut bisa menggunakan banyak metode. Salah satu metode yang bisa digunakan yaitu menggunakan metode *fault tree analysis*. *Fault tree analysis* (FTA) adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi kejadian yang berperan terhadap terjadinya kegagalan.

Risiko kegagalan pipa pada instalasi perpipaan *offshore* seperti korosi dan keretakan bahkan pipa pecah sangat rentan berubah menjadi kebakaran ataupun ledakan. Pemeliharaan yang baik terhadap instalasi perpipaan *offshore* sangat berpengaruh untuk menekan tingkat risiko. Karena tingginya risiko kecelakaan pada sistem instalasi perpipaan *offshore*, maka dalam penelitian ini penulis mencoba untuk mengambil tema “analisis risiko kebocoran *Offshore Pipeline* dengan metode *fault tree analysis* dan USG.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Apa yang menjadi faktor penyebab terjadinya kebocoran *offshore pipeline* menggunakan metode FTA?
2. Apa yang menjadi prioritas risiko saat terjadi kebocoran *offshore pipeline* dengan menggunakan metode USG?
3. Bagaimana dampak dan pengendalian risiko saat terjadi kebocoran *offshore pipeline*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya kebocoran *offshore pipeline* menggunakan metode FTA
2. Untuk mengetahui prioritas risiko saat terjadi kebocoran *offshore pipeline* dengan menggunakan metode USG
3. Untuk mengetahui dampak dan cara pengendalian risiko saat terjadi kebocoran *offshore pipeline*

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai faktor penyebab serta dampak dan cara pengendalian risiko saat terjadinya kebocoran *offshore pipeline*
2. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai prioritas risiko permasalahan-permasalahan yang terjadi saat *offshore pipeline* mengalami kebocoran
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dan perbandingan untuk penelitian berikutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metode yang digunakan yaitu FTA untuk mengetahui penyebab terjadinya kebocoran pipa dan metode USG untuk mengetahui prioritas risiko
2. Data bersumber dari hasil wawancara dan kuisisioner
3. Instalasi yang akan diteliti yaitu *offshore pipeline*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Offshore Pipeline*

Indonesia termasuk negara penghasil gas bumi terbesar di dunia. Diperkirakan saat ini cadangan gas bumi Indonesia adalah 176 trilyun kaki kubik (TCF). Sumber-sumber gas bumi tersebar di beberapa wilayah kepulauan di Indonesia, seperti di Aceh, Kepulauan Riau, Natuna, Kalimantan Timur, Jawa, Sulawesi dan Irian. *Offshore pipeline* telah menjadi sarana transportasi pengiriman minyak dan gas bumi yang tergolong baru sekaligus yang paling aman sebagai bagian dari struktur lepas pantai yang berperan mendukung perkembangan teknologi kelautan dengan mengadaptasi teori hidrodinamika dan mekanika.

Struktur lepas pantai atau lepas pantai adalah bangunan atau struktur yang dibangun di lepas pantai untuk mendukung eksplorasi dan ekstraksi bahan tambang seperti minyak dan gas. Struktur lepas pantai sering memiliki rig pengeboran yang menganalisis sifat geologis *reservoir* dan lubang untuk mengekstraksi bahan tambang seperti minyak. Seiring kemajuan teknologi dan kenaikan harga minyak mentah, banyak perusahaan mengebor di perairan yang lebih dalam yang memungkinkan dan sangat ekonomis. Perusahaan pengeboran memiliki sekitar 30 mata bor yang dapat mengebor sumur secara bersamaan.

Kita tahu bahwa saat ini minyak dan gas lepas pantai didistribusikan dalam dua cara dari satu fasilitas ke fasilitas lainnya, baik melalui pipa maupun dalam jumlah besar (misalnya kapal tanker). dibandingkan dengan pendistribusian secara curah, pendistribusian menggunakan pipa relatif aman. Dengan tingkat keamanan yang baik selama penginstalan akan memberikan investasi jangka panjang yang menguntungkan berdasarkan masa manfaat yang diinginkan. (Gazali, 2009).

Rancangan jaringan pipa bawah laut saat ini menghadapi tantangan yang semakin kompleks terkait dengan operasi tekanan tinggi dan suhu tinggi. Beberapa aspek teknis harus diperhatikan saat merancang jaringan pipa bawah laut. Karena banyak aspek tersebut, manajemen risiko telah lama menjadi pilihan awal untuk perencanaan pipa bawah laut. (Hassem, 2009).



Gambar 1 Struktur *tension leg platform* (TLP)

Untuk mendistribusikan minyak atau gas dengan menggunakan pipa bawah laut juga harus diperhatikan mengenai material pipa yang digunakan. Pemilihan material menggunakan logam sudah mulai diterapkan secara umum sejak tahun 1950-an berdasarkan standar API (American petroleum institute) 5L tentang pemilihan material pipa. Setiap tipe material mempunyai karakteristik zat dan maerial penyusun masing – masing. Spesifikasi material baja yang digunakan tergantung pada komposisi kimiawi, kekuatan material, dan toleransi pipa dalam industri dan manufaktur.

Berdasarkan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 300.K/38/M.PE/1997 mengenai Keselamatan Kerja Pipa Penyalur Minyak Dan Gas Bumi pada pasal 13 disebutkan bahwa :

Pipa Penyalur yang digelar di laut wajib memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Dalam hal kedalaman dasar laut kurang dari 13 meter maka pipa harus ditanam sekurang kurangnya 2 (dua) meter di bawah dasar laut (seabed), serta dilengkapi dengan sistem pemberat agar pipa tidak tergeser atau berpindah, atau disanggah dengan pipa pancang.
- b. Dalam hal kedalaman dasar laut 13 (tigabelas) meter atau lebih maka pipa dapat diletakkan di dasar laut, serta dilengkapi dengan sistem pemberat agar pipa tidak tergeser atau berpindah.

2.2 Gambaran Instalasi *Offshore* ke *Onshore*

Onshore adalah pekerjaan di daratan hingga daerah garis pantai untuk kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi. Contoh dari pekerjaan

onshore adalah kilang dan sumur bor yang berada di daratan. Sementara *offshore* berarti pekerjaan yang jauh atau berjarak dari daratan atau berada di laut. *Offshore* merupakan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi yang dilakukan di lepas pantai atau jauh dari daratan. Dalam kegiatan *offshore*, eksplorasi dan eksploitasi dilaksanakan dengan menggunakan struktur platform yang terpasang di tengah lautan untuk menopang peralatan.



Gambar 2 Kegiatan *Onshore*

Apabila terdapat dua jalur pipa dari *platform* pengolahan ke pantai, satu berisi minyak mentah dan lainnya gas alam, *platform* juga harus memiliki dua set pengukur dan perangkat pengapalan. Pompa mengirimkan minyak mentah melalui saringan, melalui pengukuran dan ke dalam jalur pipa. Kompresor mengirim gas alam saringan, lalu pengukuran dan ke jalur pipa. Untuk setiap sistem, ada kalibrasi ukuran atau *test top*, instrumen pencatat, peluncuran bulat untuk memaksa peralatan pembersihan melalui pipa. Bila tidak ada jalur pipa untuk gas, gas alam akan dibakar melalui tower/menara pembakaran jauh dari fasilitas pengolahan pada *platform*.



Gambar 3 Instalasi pipa *offshore* ke *onshore*

Fasilitas produksi dan pengolahan mencakup perangkat untuk pemisahan gas alam dari campuran cair dan untuk pemisahan air dan pasir yang masuk dalam minyak mentah. Sebagian gas alam yang dipisahkan menghasilkan tenaga bagi turbin untuk menjalankan generator pembangkit listrik. Pompa dan kompresor pada *platform* dijalankan dengan listrik. Perangkat-perangkat pemroses tidak dapat dijelaskan secara umum karena sistem yang bervariasi, dalam beberapa kasus pemisahan itu melalui dua tahap. Ada banyak cara mendatangkan minyak bumi mentah dari *drilling/well-protector platform*, tangki penyimpanan bertekanan untuk gas yang di bakar, tangki penyimpanan gas bahan bakar dan penyimpanan minyak (Offshore Engineering,2005).

2.3 Komponen Sistem Perpipaan Transmisi Minyak Mentah

2.3.1 Pipeline

Pipeline atau jalur pipa adalah sebuah sistem distribusi atau sistem transfer suatu fluida yang menghubungkan satu tempat ke tempat lain dengan jarak yang jauh melewati laut atau suatu daerah yang jauh (Armanda et al,1989).



Gambar 4 Pipeline

2.3.2 Valve

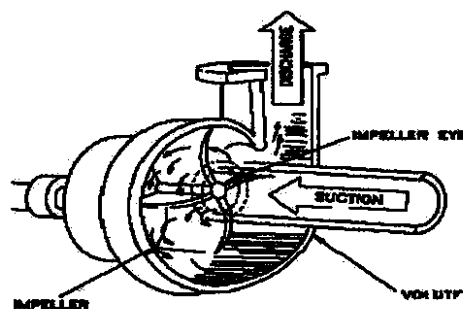
Valve berfungsi antara lain sebagai pengatur laju aliran fluida, pengendali arah aliran fluida, serta pengurang dan pengendali tekanan pada sistem perpipaan distribusi. *Top valve* yang banyak digunakan pada sistem instalasi perpipaan *offshore* adalah *ball valve* dan *check valve*.



Gambar 5 Valve

2.3.3 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal memanfaatkan gaya sentrifugal untuk mendorong fluida keluar impeler. Pompa sentrifugal terdiri dari tiga macam, yaitu : pompa rumah keong, pompa diffuser dan pompa turbin. Prinsip kerja impeler yaitu ketika impeler berputar, dalam rumah pompa terjadi vakum sehingga udara luar masuk terhisap akibat terjadi perbedaan tekanan yang menyebabkan fluida terhisap. Selanjutnya fluida didorong impeler keluar akibat gaya sentrifugal yang terjadi pada impeler (Wahyu Djalmono Putro, 2010).

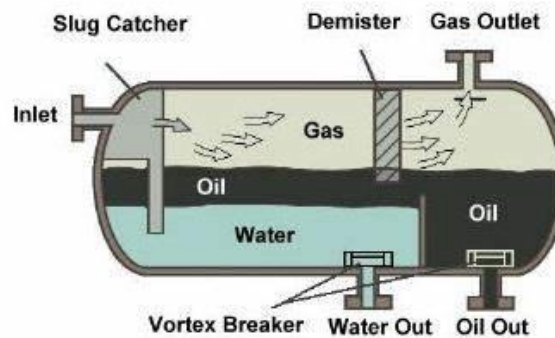


Gambar 6 Pompa Sentrifugal

2.3.4 Separator 3 fasa

Separator merupakan tangki berbentuk silinder. Biasanya pemisah terjadi antara dua fasa atau tiga fasa. Separator dua fasa untuk memisahkan gas dan *liquid*,

sedangkan separator tiga fasa memisahkan antara minyak, air dan gas. Separator merupakan salah satu alat penunjang utama pada proses produksi di industri minyak dan gas dan komponen alat yang paling penting dalam stasiun pengumpul karena merupakan tahapan awal dari pemisahan hidrokarbon menjadi gas dan *liquid*.



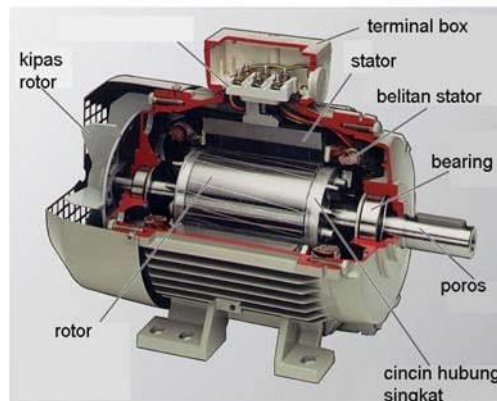
Gambar 7 Separator 3 fasa

2.3.5 Motor Induksi listrik

Motor Induksi listrik merupakan motor yang bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor induksi bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi dari arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh arus stator.

Penggunaan motor induksi tiga fasa cukup banyak digunakan pada dunia industri karena motor induksi tiga fasa memiliki beberapa keunggulan dibanding jenis motor listrik yang lain, diantaranya :

- a) Bentuk sederhana dan konstruksi yang cukup kuat
- b) Biaya murah
- c) Efisiensi tinggi dalam keadaan normal
- d) Perawatan yang minimum
- e) Pada saat beroperasi tidak memerlukan peralatan khusus



Gambar 8 Motor Induksi listrik

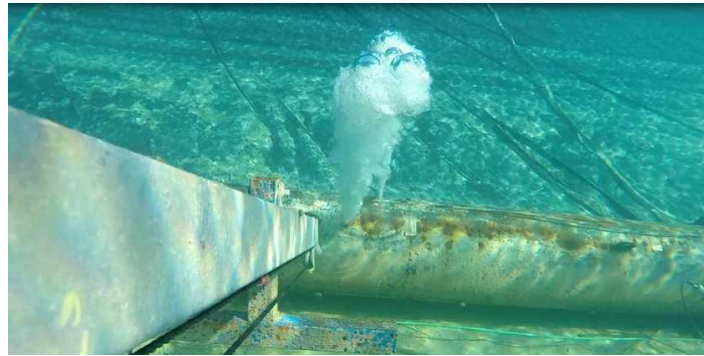
2.4 Kebocoran Pipa Bawah Laut

Pipa adalah peralatan yang dipakai untuk mengalirkan fluida untuk berbagai keperluan. Dalam dunia rumah tangga, kita mengenal pipa yang dapat mengalirkan air bersih untuk kebutuhan sehari-hari maupun gas yang bisa dipakai untuk kebutuhan dapur atau pemanas air dan ruangan. Dikarenakan fungsinya yang mengalirkan fluida, pipa cenderung memiliki bentuk fisik yang sangat panjang dan bahkan dalam beberapa kasus cukup lentur karena terlalu panjang. Hal ini membuat pipa juga rentan untuk mengalami kebocoran. Jika terjadi kebocoran, fluida yang dialirkan di dalam pipa bisa saja merembes keluar atau bahkan bisa jadi zat lain akan masuk ke dalam pipa yang mempengaruhi kemurnian fluida.

Kebocoran pipa bisa disebabkan oleh berbagai macam sebab. Kesalahan pemasangan atau adanya cacat bawaan pada fisik pipa adalah penyebab yang paling umum mengapa pipa bisa bocor, namun, beberapa sebab lain khususnya karena penggunaan dalam jangka waktu yang lama tanpa perawatan yang benar juga dapat menyebabkan pipa bocor. Kebocoran pipa jelas dapat mempengaruhi tekanan dari aliran fluida di dalam. Beberapa jenis pipa mengalami kebocoran karena faktor internal dari pipa itu sendiri baik dari material, pengelasan pipa, maupun karena tidak sempurnanya alat bantu pipa. Untuk faktor eksternal tentunya bisa karena adanya korosi, kesalahan manusia, bahkan hingga bencana alam. Hal ini berarti mengharuskan dalam proses pembuatannya harus mengecek kondisi pipa khususnya di area dalam yang banyak dialiri oleh fluida sehingga aliran fluida tidak akan terhambat dan tekanan yang dapat diterima oleh pipa akan tetap stabil sehingga pipa tidak mudah rusak.



Gambar 9 Kebocoran pipa bawah laut



Gambar 10 kebocoran pipa yang di sebabkan korosi

Sumber : <https://www.swri.org/leak-detection>

2.5 Konstruksi Pipa Bawah Laut

Pada konstruksi pipa bawah laut, ada beberapa proses yang akan dilakukan hingga pipa bawah laut dinyatakan bisa di instalasi ke bawah laut. Beberapa proses konstruksi pipa bawah laut pada dasarnya sebagai berikut;

1) Inspeksi Pipa Bawah Laut

Pada proses ini pipa batangan dari pabrik akan di cek dan di data mengenai record pipa itu sendiri yang kemudian akan diberi identitas dari pipa-pipa batangan tersebut yang mulai dari *pipe number*, *heat number*, dan sebagainya. Seperti pada Gambar 11 pipa akan diberi nomer supaya mudah dalam pelacakannya.



Gambar 11 Inspeksi pipa bawah laut

2) Pengelasan Pipa Bawah Laut

Pengelasan pipa bawah laut digunakan untuk menyambung satu batang pipa dengan batang pipa yang lain. Pada proses ini pipa akan di las untuk disambung dengan menggunakan alat berat dan dibutuhkan tenaga ahli dalam pengerjaannya. Seperti pada Gambar 12 pengelasan pipa dibantu dengan alat pengelasan otomatis.



Gambar 12 Pengelasan pipa bawah laut

3) NDT

NDT atau singkatan dari *Non-Destructive Test* adalah teknik analisis yang dilakukan untuk mengevaluasi suatu material tanpa merusak fungsi dari benda uji tersebut. Beberapa jenis NDT antara lain: Ultrasonic Test (UT), Radiography, Penetrant Test, Magnetic Particle Test dsb. Pada proses ini pipa akan dites untuk mengetahui adakah kecacatan dalam proses pengelasan.

NDT dapat dilakukan dengan menembak sinar-X atau sinar gamma. Dari hasil tersebut akan diketahui letak dimana adanya kecacatan las. Jika kecacatan sudah diperbaiki maka NDT harus dilakukan kembali hingga lolos dari tes tersebut. Berikut adalah contoh dari NDT :

- *Radiography Test*

Radiography adalah bagian dari *Non Destructive Test* (NDT) yang menggunakan sinar x atau sinar gamma yang dapat menembus hampir semua logam kecuali timbal dan beberapa material padat sehingga dapat digunakan untuk mengungkap cacat atau ketidaksesuaian d-inline-blockalidik dinding metal atau di dalam bahan itu sendiri. Prinsip Kerja *Radiography Test* Intensitas Radiasi akan berubah tergantung dari tebal material dan Density Material sehingga akan menghasilkan bayangan yang berbeda pada film hasil *Radiography Test*.



Gambar 13 *Radiography Test*

Kelebihan :

- Mampu mendeteksi cacat permukaan logam *weld* (lasan) atau Raw Material.
- Bisa menyajikan data yang terecord
- Cacat yang tampak pada film 1:1
- Dapat dioperasikan pada posisi-posisi yang sulit

Kekurangan :

- Dibutuhkan Personil (orang) yang sudah berkualifikasi (*Certified Personnel* as ASNT requirement)
- Biaya pengujian lebih mahal d-inline-blockandingkan DPT, UT, dan MT
- Bahaya radiasi sinar X dan Sinar Gamma

- *Magnetic Particle Inspection / Dye Penetrant Test*

Pengujian ini digunakan untuk mendeteksi cacat yang terletak di permukaan atau sedikit di bawah permukaan, pada benda yang bersifat *ferromagnetic* (memiliki sifat kemagnetan tinggi). Mendeteksi adanya pembentukkan medan magnet baru (medan bocoran) akibat garis gaya magnet yang terpotong oleh discontinuity sehingga akan menarik partikel magnetic untuk berkumpul di sekitar medan bocoran.



Gambar 14 *Magnetic Particle Inspection*

Kelebihan :

- Mudah untuk dilakukan
- Tidak memerlukan keahlian khusus untuk mengoperasikannya

Kekurangan :

- Penggunaan terbatas pada material yang bersifat *ferromagnetic*
- Adanya kemungkinan cacat yang tidak terdeteksi akibat orientasi cacat searah dengan garis gaya medan magnet

Dye Penetrant merupakan metode NDT untuk mengetahui ada tidaknya crack pada *weld* (hasil lasan). Test ini sangat mudah dilakukan dan pelaksanaannya juga sangat singkat. Prinsip kerja dari metode Dye Penetrant Test adalah menggunakan cairan penetrant dengan memanfaatkan kemampuannya yang bisa meleweati celah discontinuity serta kerja developer untuk mengangkat kembali cairan yang meresap pada retakan, dengan begitu cacat pada material dapat terdeteksi.



Gambar 15 *Dye Penetrant test*

Kelebihan :

- Mudah Diaplikasikan
- Murah dalam pembiayaan
- Tidak dipengaruhi oleh sifat kemagnetan material dan komposisi kimianya
- Jangkauan pemeriksaan cukup luas

Kekurangan :

- Tidak dapat dilakukan pada benda berpori atau material produk *powder metallurgy*. Hal tersebut akan menyebabkan terserapnya cairan penetrant secara berlebihan sehingga dapat mengindikasikan cacat palsu.

- *Ultrasonic Flaw Detector*

Ultrasonic Flaw Detector adalah yang tertua dan yang paling umum. Sejak tahun 1940-an, hukum-hukum fisika yang mengatur propagasi gelombang suara melalui bahan padat telah digunakan untuk mendeteksi retakan tersembunyi, void, porositas, dan diskontinuitas internal lainnya dalam logam, komposit, plastik, dan keramik. Prinsip kerjanya adalah dengan memanfaatkan rambatan gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh transduser pada benda kerja dan kemudian gelombang baliknya ditangkap oleh receiver. Gelombang yang diterima ini dapat diukur intensitasnya, waktu perambatan atau resonansi yang ditimbulkan sehingga pada umumnya pemeriksaan ultrasonik ini didasarkan pada

perbedaan intensitas gelombang yang diterima serta waktu perambatannya.



Gambar 16 *Ultrasonic Flaw Detector*

Kelebihan :

- Tingkat kedalaman perembesan untuk mendeteksi *defect* sangat akurat d-inline-blockandingkan metode NDT yang lainnya
- Hanya membutuhkan 1 sisi benda uji
- Menampilkan informasi jarak pada layar CRT
- Preparasi benda uji yang sederhana
- Dapat digunakan selain untuk mendeteksi *flaw*

Kekurangan :

- Permukaan harus dapat dijangkau oleh *probe* dan *couplant*
- *Skill* dan *training* yang d-inline-blockutuhkan lebih tinggi dari metode lain
- *Finishing* dan kekasaran pada permukaan mempengaruhi hasil inspeksi
- Sulit menginspeksi benda yang tipis
- Membutuhkan standar referensi

- *Vacuum Test*

Prinsip dasar dari *Vacuum Test* ini adalah mendeteksi kebocoran pengelasan dengan cara membuat udara disekitar benda yang akan diuji menjadi hampa udara dengan menggunakan media semacam tabung dari bahan yang tembus pandang, kebocoran akan terdeteksi lewat alat ukur yang terpasang atau terlihat langsung dengan adanya busa / gelembung

dari cairan air sabun yang tampak di dalam tabung. Prinsip kerja dari Vacuum Test adalah kebalikan dari prinsip kerja *Air pressure Test*.



Gambar 17 *Vacum Test*

Kelebihan...

- *Power supply* yang mudah didapatkan karena hanya berupa udara yang dipampatkan pada mesin kompresor

Kekurangan :

- Permukaan harus dapat dijangkau oleh *probe* dan *couplant*
- *Skill* dan *training* yang d-inline-blockutuhkan lebih tinggi dari metode lain
- *Finishing* dan kekasaran pada permukaan mempengaruhi hasil inspeksi
- Sulit menginspeksi benda yang tipis
- Membutuhkan standar referensi

- *Holiday Detector*

Holiday detector adalah alat memiliki fungsi untuk mendeteksi adanya lubang atau porositas pada suatu material, misal pengelasan pada pipa mempunyai permukaan yang tidak rata, sehingga menimbulkan celah kosong, disini berfungsinya *holiday detector* untuk mendeteksi celah kosong tersebut (*porosity*). Prinsip *holiday detector* mengalirkan arus energi listrik pada material yg telah di coating baik baru atau lama dimana alat tersebut akan berbunyi atau memberi sinyal apabila ada lubang kecil atau *pinhole* pada coating (baik baru atau lama) untuk coating baru biasanya berupa *bubble* atau porositas . Untuk *coating* yang lama biasanya terdapat regangan antara coating dengan logamnya.

Holiday detector akan menerangkan untuk aplikasi berapa KV *voltage* yang di aplikasikan untuk ketebalan coating tertentu.



Gambar 18 *Holiday Detector*

Kelebihan :

- Dapat mengetahui letak persis pada material yang terdapat porositas
- Dapat mendeteksi lokasi titik (*hole*) yang kecil pada material

Kekurangan :

- Proses pengecekan yang menggunakan kuas memakan waktu lumayan lama pada material yang besar.

4) *Coating*

Pada struktur pipa bawah laut, *coating* atau lapisan pelindung digunakan sebagai pelindung pertama untuk mencegah terjadinya korosi. *Coating* pada pipa bawah laut digunakan untuk melindungi pipa bawah laut dari lingkungannya agar secara fisik dapat lebih efektif memisahkan baja pipa dengan lingkungannya yang berpotensi menimbulkan korosi. *Coating* bisa dengan menggunakan cat atau dengan menggunakan bahan *concrete* seperti pada Gambar 19.



Gambar 19 *Coating* pada pipa bawah laut

5) Proteksi Katodik

Proteksi katodik seperti pada Gambar 20 merupakan suatu metode perlindungan logam dari korosi dengan cara mengorbankan anoda. Pada dasarnya korosi terjadi karena adanya reaksi kimia. Proteksi katodik juga perlu untuk di cek secara berkala apakah anoda masih mampu untuk menahan laju korosi.



Gambar 20 Proteksi Katodik pada pipa bawah laut

2.6 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Migas *Offshore*

Meskipun aktivitas pertambangan minyak dan gas *offshore* yang berada di tengah laut hampir sama dengan aktivitas *onshore* yang dilakukan di daratan, namun pekerjaan lapangan untuk bagian migas *offshore* pada dasarnya tidak semudah di daratan atau *onshore*. Pasalnya, secara teknis requirements yang dibutuhkan untuk kegiatan *offshore* lebih tinggi dibanding pada *onshore*.

Bisa dikatakan bahwa secara garis besar tantangan utama dalam aktivitas *offshore* meliputi beberapa hal, di antaranya adalah biaya, teknologi, dan sumber daya manusia yang jauh lebih tinggi. Hal tersebut semakin membuka kemungkinan bahwa untuk menunjang segala aktivitas migas *offshore* secara efisien dan berkelanjutan, diperlukan jaminan akan keselamatan para pekerjanya dalam rangka mempertahankan produktifitas sumber daya manusia.

Oleh sebab itu, perusahaan yang terkait dengan kegiatan pertambangan migas *offshore* perlu memperhatikan manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) perusahaannya demi mencegah risiko kecelakaan kerja yang mungkin saja dapat terjadi. Langkah-langkah penanganan keselamatan dan keamanan minyak dan gas lepas pantai (K3 migas *offshore*) berskala besar merupakan respons terhadap

bencana kerja yang mungkin saja dapat terjadi dengan konsekuensi keamanan lingkungan dan manusia yang signifikan.

Namun, di Asia Pasifik sendiri, kerentanan akan kurang memadainya langkah-langkah preventif tersebut cukup tinggi yang disebabkan oleh kurangnya kapasitas dan koordinasi untuk mencegah, merespons dan memulihkan insiden. Tidak hanya itu, kurangnya pengaturan kerja sama untuk keselamatan dan keamanan laut di sekitar aktivitas yang ada.

Kelalaian akan aspek-aspek dalam pedoman keselamatan kerja yang harus diperhatikan inilah yang akan menciptakan risiko kecelakaan kerja yang cenderung tinggi. Oleh karena itu, sudah merupakan kewajiban bagi perusahaan untuk selalu memastikan dan membangkitkan semangat pengimplementasian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) migas *offshore* yang berlaku. Pada tahap inilah, pelatihan atau training K3 migas *offshore* bisa menjadi solusi dan menjadi cukup penting untuk diadakan.

2.6.1 Potensi Bahaya

Melakoni pekerjaan di lepas pantai memang menjanjikan. Terlebih lagi menjadi profesi yang patut dibanggakan. Tapi dibalik itu semua, tersembunyi bahaya yang mencengangkan. Kondisi bahaya bisa menyerang fisik bahkan mental pekerja.

Para pekerja di anjungan minyak dan gas tidak hanya dituntut bekerja mengoperasikan alat kerja. Tapi juga harus menghadapi cuaca yang tak menentu, jam kerja penuh dan area kerja yang terisolasi. Karena berada di lepas pantai, sudah jelas jauh dari berbagai tempat. Bahkan setiap hari harus bertatap muka dengan sesama pekerja.

Pekerjaan yang cukup menantang ini memiliki faktor bahaya yang riskan. Karena berhubungan langsung dengan alat berat. Belum lagi setiap hari mendengar suara bising dari mesin. Sebagian besar divisi bekerja dengan alat yang memiliki kecepatan tinggi. Sehingga perlu kehati-hatian dalam menggunakan setiap peralatan kerja. Potensi bahaya yang bisa terjadi, antara lain:

- Ledakan dan Kebakaran

Potensi kecelakaan kerja ini selalu difokuskan dalam industri minyak dan gas. Bahkan menjadi perhatian utama bagi para pekerja saat menggunakan alat-alat kerja. Tak hanya itu, sikap dalam bekerja dapat menjaga dari ledakan dan kebakaran.

Dua bahaya tersebut digaris bawahi karena memiliki alasan paling kuat. Setiap gesekan kecil pada sistem instalasi atau tekanan yang meningkat dapat memicu ledakan. Karena sedikit kesalahan saja dapat mempengaruhi sumur yang berada di bawah laut. Sehingga ledakan hebat bisa muncul tiba-tiba. Tak tanggung-tanggung, kebakaran yang terjadi sangat dahsyat.

Jika kecelakaan kerja ini sampai terjadi maka awak anjungan bisa habis. Ini karena para pekerja tidak bisa melarikan diri. Mereka sulit menemukan tempat yang aman. Mengingat, jarak anjungan dengan daratan sangat jauh. Menjatuhkan diri ke laut pun bukanlah sebuah solusi tepat.

- **Mesin dan Peralatan Kerja yang Berbahaya**

Lokasi penambangan minyak dan gas sangat dekat dengan mesin dan perangkat kerja berbahaya. Mesin pinal, derek, pipa bor dan mesin pengangkut barang menjadi peralatan wajib. Keberadaan mesin ini cenderung mengeluarkan suara keras. Sehingga menimbulkan kebisingan.

Para pekerja juga harus berhadapan dengan getaran. Salah saat mengoperasikan, maka bencana menanti. Seluruh peralatan yang digunakan berpotensi mendatangkan kecelakaan kerja. Pekerja harus fokus saat menjalankan tugasnya. Sehingga sulit bagi tiap pekerja untuk berkomunikasi satu sama lain.

Bahaya semakin terlihat nyata saat terjadi kegagalan mekanis atau kelalaian. Kontak dan pengaturan alat kerja yang salah dapat menyebabkan kematian. Penting bagi pekerja untuk mengenali mesin sebelum bekerja.

- **Benda Jatuh**

Berbagai macam jenis benda terpasang pada bangunan maupun perlengkapan kerja penambangan minyak. Hampir seluruhnya terdapat benda penting bagi proses produksi. Desain bangunan erat dengan ketinggian yang berbahaya. Terlebih lagi, para pekerja biasa menjalankan tugas menggunakan peralatan tertentu. Tentu saja peralatan kerja yang digunakan tidak main-

main. Pada suatu jenis pekerjaan, mengharuskan membawa perlengkapan berat.

Oleh karena itu, benda jatuh mungkin saja terjadi. Penyebab benda jatuh ini bisa bermacam-macam. Kondisi cuaca di luar ruangan sangat sulit ditebak. Terlebih lagi pada daerah lepas pantai. Angin dapat berhembus kencang, sedangkan arus ombak juga tidak bisa ditebak. Sehingga menyebabkan kerusakan di beberapa bagian kerangka anjungan, panel atau pipa. Jika lolos dari pengawasan, bisa jatuh menimpa pekerja. Jatuhnya benda ini tidak bergantung dari ketinggian. Tapi juga berat dan ukuran perangkat kerja. Sehingga benda yang jatuh banyak yang menyebabkan cedera fatal. Sangat penting bagi pekerja untuk tetap mengawasi alat kerjanya.

- Kecelakaan Kerja karena Jatuh

Potensi kecelakaan kerja di kilang minyak lepas pantai sering kali karena jatuh. Karena seluruh area kerja berada di atas air. Untuk menjalankan tugas, pekerja sering dihadapkan dengan kegiatan naik-turun tangga. Perjalanan ini dilakukan dari dek satu ke dek yang lain.

- Bahan Kimia Berbahaya

Pekerja *offshore* migas rentan terpapar bahan kimia. Kandungan kimia yang digunakan memiliki kadar tinggi. Bahkan cukup berbahaya jika terjadi kesalahan. Karena bahan kimia tersebut mengandung racun. Bahan yang dibutuhkan dalam pengeboran memberi dampak serius pada pekerja. Paparan zat tersebut masuk ke tubuh pekerja melalui kulit, hidung dan mulut. Sehingga menyebabkan gejala penyakit tertentu. Zat kimia yang digunakan pada proses produksi tak hanya membahayakan pekerja. Lingkungan hidup sekitarnya juga bisa terpapar zat berbahaya. Limbah yang pengelolaannya buruk menyebabkan rusaknya ekosistem laut.

- Transportasi

Lokasi kilang *offshore* cukup jauh dari daratan. Anjungan diletakkan di lepas pantai untuk mengeksplorasi sumber minyak dan gas bumi. Untuk melancarkan produksi, pekerja tetap membutuhkan transportasi. Sarana ini diperlukan untuk mengangkut pekerja ke dan dari pengeboran di lepas pantai.

Alat transportasi yang digunakan berupa kapal, perahu dan helicopter. Perjalanan ini jelas berbahaya. Karena bisa terjadi hal tak terduga saat jauh dari daratan. Terlebih lagi saat menggunakan helicopter, kondisi cuaca bisa menyebabkan kecelakaan.

2.6.2 Faktor Terjadinya kecelakaan

Penerapan K3 migas di lingkungan *offshore* sangat diperlukan. Bahkan sistem manajemen K3 perlu diterapkan secara ketat. Karena potensi bahaya yang besar. Jika musibah besar terjadi, perusahaan tidak hanya kehilangan karyawan. Tapi juga mengalami kerugian parah. Dalam rantai pengolahan, terdapat penyebab utama terjadinya bahaya.

- Tindakan tidak aman

Tindakan kurang aman disebabkan oleh sikap saat bekerja. Dalam melaksanakan tugas, tentu pekerja harus mengikuti prosedur. Karena hal tersebut digunakan sebagai acuan dasar. Didalamnya terdapat langkah-langkah melakukan pekerjaan tertentu hingga peralatan yang digunakan.

Ada baiknya pekerja mematuhi instruksi yang ada. Demi terjaganya keselamatan kerja bersama. Tindakan tidak aman ini, seperti ceroboh, tidak mengenakan alat pelindung diri (APD), mengangkut beban lebih. Bahkan tidak dibenarkan mengoperasikan mesin yang bukan menjadi wewenangnya. Setiap perintah dan aturan wajib ditaati saat bekerja di lepas pantai.

- Kondisi tidak aman

Suasana yang kurang mendukung bisa diakibatkan oleh mesin atau peralatan kerja. Perangkat kerja yang rusak, sebaiknya segera diperbaiki atau dilakukan pemeriksaan. Karena mesin atau alat tersebut tidak bisa berfungsi normal.

Kondisi yang tidak aman juga disebabkan oleh area kerja yang kurang mendukung. Misalkan saja, suara terlalu bising, lampu penerangan yang kurang, instalasi pipa yang tidak sesuai standar, instalasi listrik kurang baik dan lingkungan kerja yang kotor. Keadaan ini berdampak pada terhentinya proses produksi hingga kecelakaan kerja yang tidak diinginkan.

- Kurang kesadaran terhadap K3 migas

Keselamatan dan kesehatan kerja sejatinya harus dimiliki oleh setiap pekerja. Ini untuk menjaga diri dari kecelakaan kerja. Kurang menyadari potensi bahaya di area kerja, dapat mengakibatkan kelalaian. Seperti yang telah diketahui bersama, kelalaian merupakan penyebab utama terjadinya bahaya.

Untuk itu, pelatihan K3 migas wajib diterapkan pada setiap pekerja. Meskipun ditempatkan pada area berbeda, pengetahuan K3 harus dilaksanakan. Karena medan pekerjaan mengandung bahaya meski sedikit kecerobohan yang muncul.

- Lemahnya manajemen K3

Sebagai perusahaan migas, sebaiknya membentuk manajemen K3 yang ketat. Sistem manajemen K3 perlu dikelola dengan ketat. Sehingga setiap tugas dikerjakan sesuai prosedur dan standar yang telah ditetapkan.

Kelemahan manajemen K3 terlihat dari standar dan prosedur yang kurang jelas. Akibatnya, pekerja tidak punya acuan dalam bekerja. Setiap langkah yang dikerjakan bisa berdasarkan asumsi pribadi.

2.6.3 Kegunaan Pelatihan K3 Migas

Kegiatan operasional industri migas berpotensi tinggi terhadap kecelakaan kerja. Baik dari proses hingga hasil produksi dapat mengancam nyawa pekerja. Untuk itu, perusahaan migas dituntut menerapkan sistem K3 migas secara ketat. Pekerja dan pengawas yang kompeten sangat dibutuhkan dalam bidang ini. Salah satu upaya mencegah kecelakaan kerja adalah memberikan training K3 migas. Bahkan pelatihan ini perlu diberlakukan pada setiap pekerja. Karena sangat berguna untuk kelangsungan operasional perusahaan dan pekerja itu sendiri.

- Sebagai Bukti Kompetensi dan Keahlian

Meniti karier di penambangan *offshore* bukan hal yang mudah. Karena pekerjaan yang digelar berbeda dari yang lain. Jelas pekerjaan ini tidak diperuntukkan semua orang. Mengingat, kegiatan di dalamnya terkenal berbahaya. Terlebih lagi, para pekerja terkesan seperti terisolasi dari dunia luar. Mereka tidak bisa keluar anjungan sesuka hati, mesti sedang rehat.

Oleh karena itu, penting bagi perusahaan migas menempatkan pekerja yang berpengalaman. Terutama memiliki kemampuan tinggi. Program pelatihan K3 migas cukup berbeda dari sektor pekerjaan lain. Karena potensi bahayanya juga sangat besar. Cedera yang terjadi bisa sampai level tertinggi.

- Meningkatkan Produktivitas Kerja

Training K3 migas mengajarkan materi keselamatan, kesehatan dan keamanan di dunia kerja. Pekerja dibekali pengetahuan agar mampu menjaga diri saat bekerja di lepas pantai. Karena fokus utama bekerja di sektor migas *Offshore* adalah keselamatan.

Pekerja akan mengetahui potensi bahaya, mengidentifikasi, mengawasi dan mengevaluasi kejadian. Setiap pekerja akan menyadari pentingnya menjalankan K3 di area kerja sehingga dapat mengantisipasi kecelakaan kerja. Semakin sedikit kecelakaan, maka produktivitas semakin meningkat.

- Menjaga Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan kesehatan kerja bukan mengacu pada kecelakaan kerja semata. K3 tentu harus selalu diingat oleh para pekerja migas. Setiap pekerja bertanggung jawab atas keselamatan dan keamanan kerja. Oleh karena itu, perlu meningkatkan pengetahuan dan keahlian. Agar prinsip K3 migas dapat diterapkan secara tepat.

2.7 Dasar Konsep Risiko

Risiko dapat dikatakan juga bahaya, kata bahaya berasal dari kata *al-zahr* yang merupakan bahas arab yang artinya yaitu dadu yang merupakan permainan zaman dahulu. Bahaya adalah karakteristik dari kelompok yang dapat menimbulkan kerugian. Bahaya dan risiko merupakan suatu perbedaan, karna pada dasarnya risiko dapat berubah tanpa mengubah bahaya. Risiko dapat dikurangi dan di minimalisir dengan mengidentifikasi masalah yang ada sehingga dapat diminimalisir risiko yang ada (Iskandar,2008)

Dikatakan juga bahwa kita berada pada dunia yang tidak pasti. Kapanpun kita mencoba mencapai suatu tujuan selalu ada peluang bahwa segalanya tidak berjalan sesuai rencana. Definisi tradisional mengatakan bahwa risiko mengkombinasikan tiga elemen, mulai dari peristiwa potensial, kemudian menggabungkan probabilitas

dan potensi keparahannya. Peristiwa berseiko tinggi akan memiliki kemungkinan tinggi terjadi dan jika terjadi akan membuat dampak yang cukup parah.

Sedangkan, menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) risiko adalah akibat yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan) dari suatu perbuatan atau tindakan. Risiko juga dikatakan sebagai situasi atau kejadian dimana nilai manusia telah dipertaruhkan dan hasilnya tidak pasti.

2.8 Fault Tree Analysis

Untuk menentukan ruang lingkup dari analisa risiko pada kebocoran pipa bawah laut tersebut bisa menggunakan banyak metode. Beberapa metode yang bisa digunakan yaitu menggunakan metode *fault tree analysis*, *fishbone*, atau dengan menggunakan *event tree analysis*. Pada tugas akhir ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* dalam menentukan sebab-akibat dari pada luang lingkup analisa. *Fault tree analysis* (FTA) adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi kejadian yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top-down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci ke sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*) untuk mengidentifikasi terjadinya suatu kegagalan dari berbagai cara, baik dari faktor fisik maupun manusia, yang dapat mengarah pada penyebab dari terjadinya kegagalan atau kesalahan tersebut.

Manfaat metode *Fault Tree Analysis* (FTA) ialah sebagai berikut;

1. Dapat menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kegagalan.
2. Menentukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan.
3. Menganalisa kemungkinan sumber-sumber risiko sebelum kegagalan timbul.
4. Menginvestigasi suatu kegagalan.

Kelebihan dari metode *fault tree analysis* adalah;

1. Mudah menjelaskan semua perbedaan interaksi penyebab untuk menghasilkan kerugian.
2. Penyebab dasar dan logis dalam penyebab kerugian bisa dimengerti.

3. Dapat membuat tindakan pencegahan yang tepat untuk meminimalisir penyebab dasar sehingga kerugian yang sama tidak akan muncul lagi
4. Dapat menghitung evaluasi kualitatif dan kuantitatif dari kerugian.





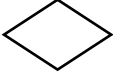

Pada dasarnya *Fault Tree Analysis* berisi seperti yang dijelaskan pada tabel di bawah ini :

Tabel 1 Istilah dalam metode *Fault Tree Analysis*

Istilah	Keterangan
<i>Event</i>	Penyimpangan yang tidak diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen dari sistem
<i>Top Event</i>	Kejadian yang dikehendaki pada “puncak” yang akan diteliti lebih lanjut ke arah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan
<i>Logic Event</i>	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam AND dan OR
<i>Transfer Gate</i>	Segitiga yang digunakan simbol transfer, simbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada di halaman lain
<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian dasar (<i>Basic Event</i>) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi
<i>Basic Event</i>	Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut

Pada pembuatan *fault tree analysis* ada berbagai simbol yang digunakan untuk maksud tertentu, berikut kegunaan dari simbol-simbol *fault tree analysis* pada Tabel 2.2.

Tabel 2 Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis*

Simbol	Keterangan
	Top Event
	Logic Event OR
	Logic Event AND
	Transfer Event
	Undeveloped Event
	Basic Event

2.9

Metode *Urgency, Serousness, Growth* (USG)

USG adalah salah satu metode untuk menyusun urutan prioritas masalah dengan cara scoring dengan besar skala. Besar skala 1-5 atau 1-10. Proses untuk metode ini dilakukan dengan mempertimbangkan urgensi dari masalah, keseriusan masalah yang dihadapi, serta kemungkinan masalah tersebut makin besar.

- *Urgency*
Seberapa mendesak kejadian tersebut harus dibahas dikaitkan dengan waktu yang tersedia, serta seberapa keras tekanan waktu untuk memecahkan suatu permasalahan yang menyebabkan masalah tersebut.
- *Seriousness*
Seberapa serius masalah tersebut perlu dibahas untuk dikaitkan dengan dampak yang tampak dengan penundaan masalah yang menimbulkan masalah lain jika pemicu masalah tersebut tidak segera diselesaikan.
- *Growth*

Seberapa besar peluang masalah tersebut akan berkembang dan menjadikan keadaan akan terus memburuk apabila permasalahan tersebut tidak segera diatasi.

Berikut tabel untuk menentukan prioritas masalah dengan menggunakan metode USG :

Tabel 3 Tabel prioritas masalah metode USG

NO	Masalah	Nilai USG			Skor	Ranking
		U	S	G		
1	Masalah A	5	4	5	14	I
2	Masalah B	4	2	3	9	IV
3	Masalah C	5	3	3	11	II
4	Masalah D	3	3	4	10	III