



TUGAS AKHIR - MO 184804

**ANALISIS RISIKO PROSES *DECOMMISSIONING* : STUDI KASUS
*LIMA- COMPRESSOR PLATFORM***

**ARIF WINDIARGO
NRP. 0431164000011**

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

Ir. Murdjito, M.Sc.Eng

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2020



TUGAS AKHIR - MO 184804

**ANALISIS RISIKO PROSES DECOMMISSIONING :
STUDI KASUS *LIMA-COMPRESSOR PLATFORM***

ARIF WINDIARGO

NRP. 04311640000011

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.

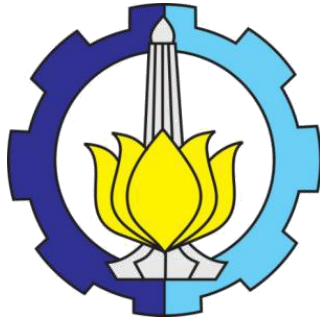
DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020



FINAL PROJECT - MO 184804

**RISK ANALYSIS OF DECOMMISSIONING
PROCESS : CASE STUDIES OF
LIMA-COMPRESSOR PLATFORM**

ARIF WINDIARGO

NRP. 04311640000011

Supervisor

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS RISIKO PROSES *DECOMMISSIONING* : STUDI KASUS *LIMA-COMPRESSOR PLATFORM*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Arif Windiargo

NRP. 0431164000011

Disetujui oleh :

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

(Pembimbing 1)

Daniel M. Rosyid

2. Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.

(Pembimbing 2)

3. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

(Penguji 1)

4. Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

(Penguji 2)

5. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.

(Penguji 3)

Yeyes Mulyadi



SURABAYA, AGUSTUS 2020

**ANALISIS RISIKO PROSES DECOMMISSIONING :
STUDI KASUS *LIMA-COMPRESSOR PLATFORM***

Nama : Arif Windiargo
NRP : 0431164000011
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, P.hD
Ir. Murdjito, M.Sc.Eng

ABSTRAK

Proses eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi adalah kegiatan yang sangat penting dalam upaya pemenuhan kebutuhan energi di dunia. Proses eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi saat ini berpusat pada wilayah perairan dangkal di wilayah *continental shelf*. Dalam proses eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi di wilayah perairan dangkal, struktur yang paling umum digunakan adalah struktur *jacket*. Di wilayah asia tenggara terdapat sekitar 1300 platform, dimana 80% sudah berusia diatas 20 tahun. Ketika platform sudah mencapai batas operasionalnya, menurut Peraturan Menteri ESDM nomor 1 tahun 2011 platform tersebut haruslah dibongkar (*decommissioning*) sesuai dengan standar teknis yang ada. Dalam proses pembongkaran ini tentunya terdapat risiko dan bahaya yang dapat mengganggu jalannya proses *decommissioning*. Untuk itu perlu dilakukan analisa risiko untuk memetakan risiko yang dapat terjadi sekaligus mempersiapkan langkah mitigasinya. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa risiko dengan menentukan aktivitas yang memiliki tingkat bahaya yang signifikan dimana disimpulkan bahwa aktivitas yang memiliki tingkat risiko signifikan adalah aktifitas yang berhubungan dengan *construction, lifting, maintenance, well service, dan maintenance*. Dari tiap aktivitas yang memiliki tingkat bahaya signifikan ini, selanjutnya akan dilakukan proses penentuan penyebab risiko dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis (FTA)* sekaligus menentukan *barrier* yang berfungsi untuk mencegah suatu risiko terjadi. Selanjutnya adalah menentukan dampak yang dapat ditimbulkan dari risiko dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis (ETA)* sekaligus menentukan *barrier* yang berfungsi untuk mencegah dan mengurangi dampak yang ditimbulkan ketika terjadi suatu kondisi bahaya. Kedua diagram FTA dan ETA ini akan digabungkan untuk menyusun diagram *Bowtie* untuk memaparkan secara detail mengenai manajemen risiko yang dilakukan dalam setiap tahap proses *decommissioning*.

Kata Kunci : *Decommissioning, Fault Tree Analysis, Event Tree Analysis, Bowtie Analysis*

**RISK ANALYSIS OF DECOMMISSIONING PROCESS:
CASE STUDIES OF LIMA-COMPRESOR PLATFORM**

Name : Arif Windiargo
NRP : 043116400011
Department : Ocean Engineering
Supervisors : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, P.hD
Ir. Murdjito, M.Sc.Eng

ABSTRACT

The process of petroleum exploration and exploitation is a crucial activity in the fulfillment of energy needs in the world. The process of petroleum exploration and exploitation is currently centred on shallow water regions in the continental shelf. In the process of petroleum exploration and exploitation in shallow waters, the *structure* of which is commonly used is the *jacket structure*. In Southeast Asia there are about 1300 platforms, of which 80% is over 20 years old. When the platform has reached its operational limit, according to the ministerial regulation of ESDM number 1 year 2011 The platform must be *decommissioning* in accordance with existing technical standards. In the process of demolition, there are certainly risks and hazards that can interfere with the process of *decommissioning*. It is necessary to do a risk analysis to map the risks that can occur while preparing the mitigation steps. In this study, risk analysis will be conducted by determining the activity that has a significant degree of hazard where it is concluded that activities that have a significant risk level are activities related to construction, *lifting*, *maintenance*, well service, and *maintenance*. From each activity that has a significant hazard level, there will be a process of determining the cause of risk using the Fault Tree Analysis (FTA) method while determining the *barrier* that serves to prevent a risk occurring. The next is to determine the impact that can be inflicted from risk by using the Event Tree Analysis (ETA) method while determining the *barrier* that serves to prevent and reduce the impact that occurs when there is a peril. These two FTA and ETA diagrams will be combined to create a Bowtie diagram to explain in detail the risk management performed at each stage of the decommissioning process.

**Keywords: Decommissioning, Fault Tree Analysis, Event Tree Analysis,
Bowtie Analysis**

Untuk Ibuk, dan Bapak terima kasih atas segala doa dan nasihat

Untuk diri sendiri terima kasih telah bersedia berlari sejauh ini

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan nikmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Risiko Proses *Decommissioning* : Studi Kasus *Lima-Compressor Platform*”. Tugas akhir ini disusun sebagai perwujudan karya pikir sekaligus menjadi persyaratan untuk menuntaskan pendidikan di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam tugas akhir ini penulis akan membahas mengenai bagaimana risiko dalam proses *decommissioning* dianalisa untuk menentukan aktivitas apa saja yang memiliki tingkat risiko signifikan dimana risiko tersebut dapat menyebabkan kematian pada pekerja. Dari aktivitas tersebut akan dilakukan penentuan penyebab dan dampak yang ditimbulkan serta langkah mitigasi yang diperlukan guna mencegah suatu risiko terjadi serta mengurangi dampak yang ditimbulkan ketika suatu risiko terjadi yang kesemuanya dirangkum dalam diagram BowTie.

Dalam proses penyusunan hingga tahap terakhir ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan di banyak sisi. Penulis terbuka terhadap masukan berupa kritik dan saran guna menyempurnakan hasil dari penelitian tugas akhir ini agar tujuan dan manfaat dari tugas akhir ini dapat tercapai secara maksimal.

Boyolali, 17 Juli 2020

Arif Windiargo

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga pada saat ini penulis telah mampu menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini. Izinkan penulis menuliskan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung :

1. Orang Tua Penulis, Bapak Suntoro dan Ibu Winarsih yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis serta seluruh bantuan baik secara moril maupun materiil.
2. Dosen pembimbing tugas akhir, Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D serta Bapak Ir. Murdjito, M.Sc.Eng. yang telah dengan sabar membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan banyak nasihat kepada penulis dalam menjalani aktivitas akademik di Departemen Teknik Kelautan
4. Seluruh Dosen dan Tenaga Pendidik yang telah menyalurkan ilmu dan membantu penulis dalam proses perkuliahan.
5. Kabinet HIMATEKLA KITA 2019 serta seluruh Fungsiionaris HIMATEKLA 2019 yang telah mengajarkan kepada penulis mengenai arti seorang pemimpin.
6. Nugie Ramadhan, dan kawan-kawan Kotrakan Anak Sholeh - G20 yang selalu bersedia meminjamkan motornya untuk keperluan pribadi penulis.
7. Keluarga Adhiwamastya P56-L34 yang telah memberikan sebuah definisi rumah di tanah perantauan.
8. Kawan-Kawan Lab. Hidrodinamika, Tim Titik Temu, Konseptor K1TA, SalTasAnFir, UKM Badminton, serta seluruh pihak yang telah mengantarkan penulis sampai di titik ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I - PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II - TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1. Tinjauan Pustaka.....	7
2.2. Dasar Teori.....	8
2.2.1. <i>decommissioning</i>	8
2.2.2. Definisi Risiko.....	13
2.2.3. Risk Assessment.....	13
2.2.4. Risk Assessment Matrix.....	16
2.2.5. Manajemen risiko.....	17
2.2.6. Kecelakaan Kerja.....	19
2.2.7. International Oil & Gas Producers (IOGP) Safety Data.....	21
2.2.8. Fault Tree Analysis.....	26
2.2.9. Event Tree Analysis.....	27
2.2.10. Bowtie Analysis.....	28
BAB III - METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	31

3.2. Penjelasan Diagram Alir.....	32
BAB IV - ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	35
4. 1. Data Struktur Limacompressor Platform.....	35
4. 1. 1. Penjelasan Umum.....	35
4. 1. 2. Data Struktur.....	35
4. 2. Proposed <i>decommissioning</i> Program.....	38
4. 2. 1. Struktur <i>jacket</i>	38
4. 2. 2. Struktur <i>topside</i>	39
4. 2. 3. Pipeline.....	39
4. 2. 4. Konduktor.....	40
4. 3. Work Breakdown <i>structure</i>	40
4. 4. Daftar Work Task.....	42
4. 5. Data Kecelakaan Kerja dalam Pekerjaan Lepas Pantai.....	44
4. 6. Risk Assement.....	45
4. 7. Penyusunan Threat dan Consequences.....	49
4. 7. 1. Bowtie Diagram 1 : Risiko pada Tahap Persiapan.....	49
4. 7. 1. 1. Threat Measures (Penyebab) dan <i>barrier</i>	49
4. 7. 1. 2. Consequences dan <i>barrier</i>	57
4. 7. 2. Bowtie Diagram 2 : Risiko pada Tahap Pembongkaran.....	61
4. 7. 2. 1. Threat Measures (Penyebab) dan <i>barrier</i>	61
4. 7. 2. 2. Consequences dan <i>barrier</i>	70
4. 8. Diagram Bow-Tie.....	76
4. 8. 1. Diagram BowTie 1 : Risiko pada tahap Persiapan.....	76
4. 8. 2. Diagram BowTie 2 : Risiko pada tahap Pembongkaran.....	768
BAB V - PENUTUP.....	81
5.1. Kesimpulan.....	81
5.2. Saran.....	83

DAFTAR PUSTAKA.....	845
BIOGRAFI PENULIS.....	847

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1 Peta Lapangan Minyak ONWJ.....	2
GAMBAR 2.1 BowTie Diagram (www.cgerisk.com).....	29
GAMBAR 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
GAMBAR 4.1 Model 3D dari <i>Limacompressor Platform</i> (Setiarini 2017).....	38
GAMBAR 4.2 Diagram Bowtie berdasarkan masalah pada lingkup ta hap persiapan proses decommissioning.....	75
GAMBAR 4.3 Diagram Bowtie berdasarkan masalah pada lingkup ta hap pembongkaran proses decommissioning.....	77

DAFTAR TABEL

TABEL 1.1 Data Umum Platform <i>Lima-Compressor</i>	2
TABEL 1.2 Deskripsi <i>L-COM Well Platform PHE ONWJ</i>	3
TABEL 2.1 Penjelasan Indeks <i>Severity</i>	16
TABEL 2.2 Penjelasan Indeks <i>Likelyhood</i>	16
TABEL 2.3 Matrix Risiko.....	17
TABEL 2.4 Daftar insiden yang mengakibatkan fatalitas pada masing-masing kategori aktivitas pada tahun 2017-2018.....	25
TABEL 4.1 Data Nama dan Lokasi <i>Lima-Compressor Platform</i>	35
TABEL 4.2 Data Umum Struktur <i>Lima-Compressor Platform</i>	36
TABEL 4.3 Data Berat Struktur Jacket <i>Lima-Compressor Platform</i>	37
TABEL 4.4 Data Berat Struktur Topside <i>Lima-Compressor Platform</i>	37
TABEL 4.5 Daftar Aktivitas dalam proses decommissioning <i>Lima-Compressor</i>	42
TABEL 4.6 Data Jumlah Insiden yang menyebabkan fatalitas pada setiap aktivitas pada tahun 2014-2018.....	44
TABEL 4.7 Matriks Risiko.....	45
TABEL 4.8 Penjelasan Indeks <i>Severity</i>	46
TABEL 4.9 Penjelasan Indeks <i>Likelyhood</i>	46
TABEL 4.10 Rekapitulasi Risk Value untuk menentukan tingkat risiko.....	47
TABEL 4.11 Nilai FAR pada setiap Aktivitas.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proses eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi merupakan sebuah proses yang sangat penting di saat kebutuhan energi dunia berada di level yang sangat tinggi. Eksplorasi di perairan dangkal terus dilakukan untuk mencukupi kebutuhan akan minyak dan gas tersebut. Saat ini terdapat lebih dari 7500 instalasi minyak dan gas bumi dimana kebanyakan dari instalasi ini berada di daerah perairan dangkal sekitar *continental shelf* dari 53 negara. Dari jumlah tersebut, 40 diantaranya menghasilkan minyak dan gas dalam jumlah yang signifikan (Parente *et al*, 2006).

Eksplorasi dan eksploitasi minyak yang berlebihan di yang dilakukan terus menerus di perairan dangkal menyebabkan cadangan minyak di laut dangkal mulai menipis (Dewi, 2013). Saat ini di proses eksplorasi dan eksploitasi di wilayah perairan dangkal sudah mencapai fase terminal, dimana saat ini kita dapat melihat bahwa banyak sekali platform di perairan dangkal yang sudah berumur lebih 20 tahun dan mulai menuju fase dimana platform tersebut tidak lagi ekonomis dan perlu ditinggalkan. Menurut Punawarman (2016) terdapat sekitar 1300 platform yang berada di sekitar lautan Asia Tenggara, dimana 80% sudah berusia di atas 20 tahun. Data lain yang didapatkan dari SKK MIGAS pada tahun 2019 adalah bahwa Indonesia sendiri memiliki 613 anjungan lepas pantai terpancang, dimana 54,65% diantaranya berusia lebih dari 20 tahun dan 24,65% diantaranya berada pada umur diantara 16-20 tahun, selain itu terdapat pula enam platform di sekitar laut jawa yang siap untuk dinonaktifkan.

Dengan jumlah platform yang nantinya akan banyak yang mulai ditinggalkan, maka perlu diatur bagaimana pemerintah mewajibkan adanya proses pembongkaran (*decommissioning*) pada setiap platform yang telah selesai melakukan aktivitasnya guna menjaga kondisi lingkungan sekitar tetap aman dari ancaman polusi. Proses *decommissioning* atau proses *platform removal* merupakan prosedur yang saat ini diwajibkan kepada seluruh perusahaan yang telah selesai mengoperasikan platformnya di Indonesia melalui Peraturan Menteri ESDM nomor 1 tahun 2011.

Proses *decommissioning* sendiri merupakan proses pembongkaran fasilitas (struktur, perpipaan, pile, dsb) yang ada di atas atau di bawah permukaan laut atau sungai ketika suatu ladang minyak atau gas sudah tidak lagi memproduksi (Rafika, 2019). Untuk pembongkaran struktur yang berada di wilayah perairan dangkal dimana kebanyakan struktur yang ada adalah berupa *jacket*. Maka langkah kerja yang paling umum dilakukan

adalah dengan memotong kaki struktur tersebut untuk selanjutnya dilakukan proses selanjutnya, entah itu dibawa ke darat untuk didaur ulang, ataupun dijadikan karang buatan

Proses pekerjaan proyek yang berada di area lepas pantai tentunya sangatlah rentan terhadap risiko kecelakaan yang dapat membahayakan keselamatan kerja. Dimana kita dapat membaca adanya indikasi bahaya dalam setiap proses yang ada. Indikasi bahaya inilah yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan ketika dalam kondisi kerja (Guntara, 2018). Pada tahun 2016 terdapat 101.367 kasus kecelakaan kerja dimana 2.382 kasus diantaranya mengakibatkan kematian pekerja (BPJS Ketenagakerjaan, 2016). Keselamatan kerja merupakan hal yang seharusnya selalu menjadi prioritas dalam setiap pekerjaan. Kecelakaan kerja dapat diartikan sebagai suatu kegiatan yang dapat menimbulkan bahaya selama proses pekerjaan. Oleh karena adanya bahaya yang dapat ditimbulkan dalam proses *decommissioning* ini, maka perlu untuk dilakukan analisis risiko yang sistematis guna dapat memetakan risiko kecelakaan yang ada serta merencanakan cara pengendalian risiko agar seluruh proses yang direncanakan dapat berjalan dengan lancar tanpa menimbulkan gangguan yang dapat mengganggu jalannya sistem atau bahkan dapat membahayakan para pekerjanya.

Analisis risiko merupakan sebuah prosedur untuk mengenali suatu ancaman dan kerentanan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produk dari analisis risiko adalah daftar dari risiko yang ada dalam suatu sistem pekerjaan. Dari daftar risiko yang ada, maka perlu dilakukan adanya manajemen risiko. Manajemen risiko dapat diartikan sebagai sebuah proses yang kontinu yang bertujuan untuk mengontrol risiko yang ada dimana kegiatan ini selalu diaudit secara reguler untuk memastikan semua hal yang terdapat pada sistem berada pada tempatnya dan berfungsi sebagaimana-mestinya (Wong, 2010)

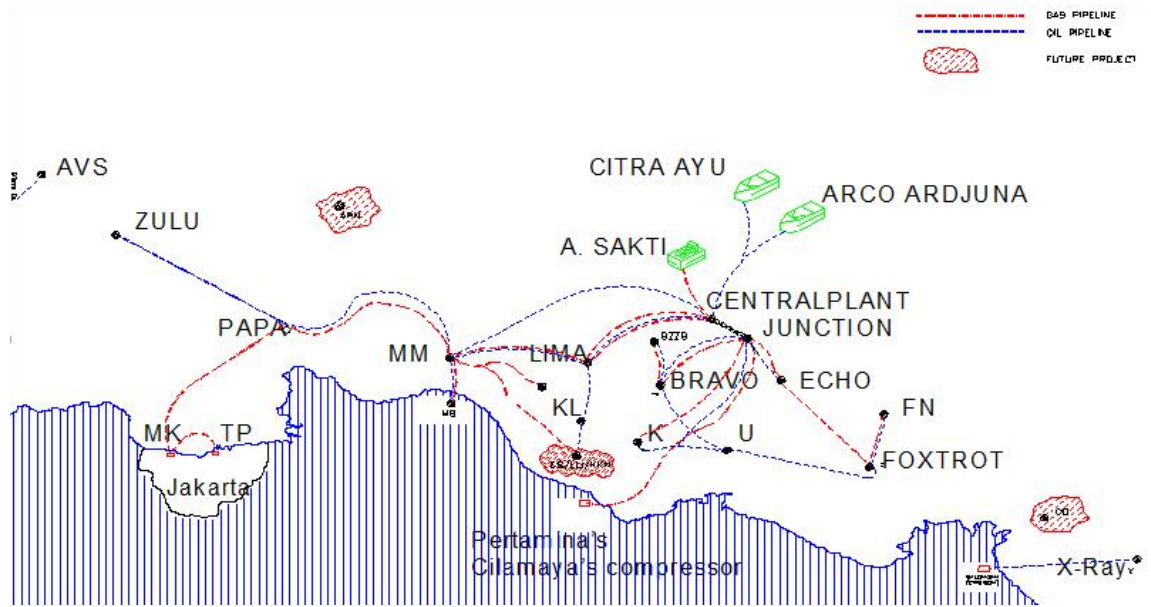
Tabel 1.1 Data Umum Platform *LIMA-COMPRESSOR*

Data	Keterangan
Nama Platform	LIMA COMPRESSOR (L-COM) PLATFORM
Jenis Platform	<i>Well Head Platform</i>
Operator	Pertamina Hulu Energi <i>ONWJ</i>
Lokasi Geografis	<i>05° 53' 42.00''S; 107° 29' 31.13 " E</i>

Kedalaman Perairan (2016)

102.88 (31.37 m) (MSL)

(Sumber : Setiarini, 2017)



Gambar 1.1 Peta Lapangan Minyak ONWJ

Tabel 1.2 Deskripsi L-COM Well Platform PHE ONWJ

Description	L-COM
Number of Legs	4
jacket dimension at Working Point	40 x 40 (ft xft)
jacket elevation at Working Point	+12.00 (MSL) (ft)
jacket elevation at sea deck	+10.00 (MSL) (ft)
Height of jacket	101.00 (ft)
Number of Piles	4
Risers	2 x 6" Dia 3 x 16" Dia 1 x 12" Dia 1 x 24" Dia

(Sumber : Setiarini, 2017)

Berdasarkan penjelasan masalah di atas maka dirumuskanlah penelitian tugas akhir ini dengan tujuan utama yaitu untuk dapat memetakan risiko serta melakukan pengelolaan risiko yang ada dalam proses *decommissioning*. Untuk studi kasus yang diambil adalah pada platform *LIMA-COMPRESSOR (L-COM Platform)*. Platform ini merupakan platform yang dimiliki oleh Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java* (ONWJ). Platform ini diinstall pada tahun 1974 di wilayah parigi. Platform ini berjenis struktur *jacket* dengan detail data yang kemudian akan disampaikan pada **tabel 1.2**.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apa saja aktivitas yang memiliki tingkat risiko signifikan pada proses *decommissioning Lima-compressor Platform*?
2. Apa saja penyebab dari risiko signifikan pada proses *decommissioning Lima-compressor Platform*?
3. Apa saja dampak yang ditimbulkan dari risiko signifikan pada proses *decommissioning Lima-compressor Platform*?
4. Bagaimana cara pengendalian risiko signifikan yang tepat pada setiap tahap proses pelaksanaan proyek *decommissioning Lima-compressor Platform*?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini mencakup beberapa hal diantara lain :

1. Mengetahui aktivitas yang memiliki risiko signifikan pada proses *decommissioning Lima-compressor Platform*.
2. Mengetahui penyebab dari risiko signifikan pada proses *decommissioning Lima-compressor Platform*.
3. Mengetahui dampak dari risiko signifikan pada proses *decommissioning Lima-compressor Platform*.
4. Mengetahui cara pengendalian risiko yang sesuai pada setiap tahap proses *decommissioning Lima-compressor Platform* menggunakan diagram *bowtie*.

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang akan didapatkan adalah sebagai berikut

1. Dapat memberikan referensi dan bukti empiris bagi akademisi sebagai kontribusi ilmiah mengenai analisa risiko pada proses *decommissioning*.
2. Dapat mengidentifikasi risiko yang dapat terjadi secara sistematis dan sedini mungkin guna membantu menekan angka kecelakaan kerja selama proses *decommissioning*.

1.5. Batasan Masalah

Dalam pekerjaannya, penulis memberikan batasan masalah guna memperjelas posisi tugas akhir ini dalam memberikan pandangan ilmiah terhadap proses *decommissioning* adalah berikut

1. Studi ini akan mendalami penyebab, dampak, bagaimana mekanisme pengendalian dari risiko yang signifikan terjadi di dalam proses *decommissioning* pada tahap persiapan dan pembongkaran dengan menggunakan *bowtie analysis*.
2. Analisa *bowtie* hanya dilakukan pada tingkat risiko signifikan.
3. Penentuan risiko signifikan didasarkan pada konsekuensi keselamatan pekerja yang ditimbulkan oleh risiko suatu aktivitas pekerjaan.
4. Penilaian Risiko dilakukan menggunakan data yang dikeluarkan oleh *International Association of Oil & Gas Producers*.

1.6. Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dalam beberapa bagian yang berbentuk bab, dimana setiap bab nantinya akan menyampaikan informasi terperinci mengenai satu bahasan utama. Pembagian ini ditujukan untuk mempermudah proses penulisan serta dapat mempermudah pembaca dalam menerima informasi sehingga fungsi kebermanfaatan dari tugas akhir ini dapat tercapai.

BAB I Pendahuluan. Bab ini akan berisi mengenai latar belakang serta rumusan masalah mengapa suatu penelitian ini dilakukan serta tujuan dan manfaat yang ingin diraih setelah proses penelitian ini selesai. Selain itu terdapat batasan masalah yang membatasi ruang lingkup penelitian agar lebih tepat sasaran dan yang terakhir terdapat sistematika penulisan laporan penelitian..

BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori. Bab ini akan menjelaskan mengenai tinjauan beberapa literatur dan penelitian yang sebelumnya telah dilakukan sebelumnya serta teori-teori yang berhubungan dan yang nantinya akan membantu selama proses penelitian.

BAB III Metodologi Penelitian. Bab ini akan berisi mengenai diagram alir mengenai langkah kerja yang nantinya akan dilakukan oleh penulis beserta dengan penjelasannya. Selain itu juga terdapat jadwal kerja yang berbasis langkah kerja dari metodologi yang ada.

BAB IV Analisa Hasil dan Pembahasan. Pada bab ini akan dilakukan analisa dan pemaparan hasil dari setiap langkah kerja yang telah direncanakan dalam metodologi penelitian. Tentunya hasil dan pembahasan yang dilakukan haruslah sesuai dengan teori-teori yang telah dipaparkan sebelumnya.

BAB V Penutup. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil analisa yang telah dilakukan sebelumnya serta pemberian saran guna meningkatkan performa pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pembongkaran anjungan lepas pantai atau *decommissioning* merupakan salah satu isu yang saat ini sedang hangat untuk diperbincangkan mengingat banyaknya struktur lepas pantai terpancang yang telah memasuki masa akhirnya. Selain itu adanya dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan apabila struktur yang telah selesai dibiarkan tanpa dilakukan pembongkaran menjadi hal lain yang perlu untuk dijadikan pertimbangan utama. Pemerintah telah mengatur mengenai *decommissioning* melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 1974 tentang Pengawasan Pelaksanaan Eksplorasi dan Eksploitasi Minyak dan Gas Bumi di Daerah Lepas Pantai Pasal 21 yang menyatakan “Suatu instalasi pertambangan yang tidak dipakai lagi harus dibongkar seluruhnya dalam jangka waktu yang ditetapkan Direktur Jenderal dengan melakukan tindakan-tindakan yang layak untuk menjamin keamanan pekerjaan dan alur pelayaran”.

Penelitian mengenai *decommissioning* bangunan lepas pantai telah dilakukan beberapa kali sebelumnya, dimana salah satunya adalah dilakukan oleh Dewi (2016) dimana telah dibahas mengenai pemilihan metode pemotongan struktur *jacket* dalam proses *decommissioning* anjungan Attaka H di wilayah perairan perairan selat Makassar. Selain itu Saputra (2017) juga telah membahas mengenai pemilihan metode daur ulang dari hasil proses *decommissioning* dimana pada penelitian ini dilakukan pemilihan metode DRE (*Dismantlement, Repair, and Engineering*). Selain itu Rafika (2019) telah membahas mengenai identifikasi bahaya dan analisa risiko dalam pemilihan metode pembongkaran anjungan lepas pantai dengan studi kasus platform Bukit Tua, dimana dalam penelitian ini dipaparkan mengenai pemilihan metode serta risiko yang dapat terjadi selama proses pembongkaran anjungan lepas pantai.

Proses *decommissioning* tentunya memiliki sebuah risiko yang perlu untuk dipertimbangkan guna memastikan bahwa keseluruhan proses dapat dilaksanakan tanpa adanya gangguan yang dapat membahayakan keselamatan kerja. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang telah membahas mengenai risiko dimana diantaranya adalah pembahasan risiko keselamatan kerja dalam proses pergantian *mooring chain* pada *barge* Seagood 101 oleh Guntara (2017) dalam pemaparan itu dilakukan analisa risiko keselamatan kerja dengan menggunakan metode *BowTie*

analysis. dalam tugas akhir tersebut dibahas mengenai bagaimana perumusan penyebab dari suatu risiko keselamatan kerja serta bagaimana cara penanggulangan dampak dari risiko kecelakaan yang ada. Selain itu terdapat juga beberapa penelitian lain yang telah dilakukan oleh Setyani (2018) dimana pada penelitian ini membahas mengenai analisa risiko yang dapat mengakibatkan keterlambatan perbaikan kapal tanker dengan menggunakan metode *BowTie Analysis*.

Dari beberapa penelitian yang telah ditinjau dan telah dipelajari, penulis melihat bahwa belum adanya penelitian yang membahas secara mendalam mengenai manajemen risiko yang mendalam mengenai proses *decommissioning*. Oleh karena itu penulis mengusulkan judul penelitian yang berkaitan dengan manajemen risiko proses *decommissioning* struktur kaki *jacket* dengan studi kasus *Limacompressor platform*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Decommissioning

Pembongkaran anjungan lepas pantai atau *Decommissioning* adalah proses pembongkaran struktur yang berada di bawah permukaan maupun di atas permukaan laut atau sungai ketika struktur tersebut sudah tidak lagi digunakan (Dewi, 2017). Dimana proses ini telah diatur dalam United Nation Convention of the Law at the Sea (UNCLOS) pada tahun 1982. Dalam UNCLOS 1982 telah diatur bahwa struktur lepas pantai perlu untuk dibongkar agar tidak mengganggu kegiatan nelayan, navigasi dan kegiatan lainnya di laut. Pemerintah Indonesia sendiri telah melakukan ratifikasi terhadap peraturan UNCLOS 1982 dalam UU No. 17 tahun 1985.

Proses *decommissioning* sendiri secara teknis telah diatur dalam peraturan menteri ESDM Nomor 1 tahun 2011 dimana dalam peraturan tersebut telah diatur mengenai pedoman teknis dari proses *decommissioning*. Dimana dalam peraturan tersebut juga dituliskan bahwa proses *decommissioning* merupakan proses pekerjaan pemotongan sebagian atau seluruh instalasi dan pemindahan / pengangkutan dari sebagian atau keseluruhan dari hasil pembongkaran ke lokasi yang telah ditentukan. Terdapatnya frasa “lokasi yang telah ditentukan” menunjukkan bahwa secara umum pemerintah nantinya akan menetapkan lokasi-lokasi tertentu guna

membuang ataupun mendaur-ulang sisa dari proses *decommissioning* dan tidak diijinkan untuk meninggalkan sisa pembongkaran secara *in-situ*.

Dengan adanya ketentuan teknis melalui Peraturan Menteri ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) No. 01 tahun 2011 tersebut maka proses *decommissioning* akan melahirkan beberapa metode pembongkaran struktur dimana metode yang lahir akan didasarkan pada kedalaman ataupun kondisi-kondisi batas lainnya. Menurut Soegiono (2005) dijelaskan bahwa jenis dari proses *decommissioning* dibedakan menjadi dua yaitu

- a. Disposal : yaitu proses persetujuan yang akan membawa *Module* menuju lokasi tujuan, yang akan digunakan kembali maupun ketempat pembuangan. Disposal dapat diletakan pada area lain baik *onshore* maupun *offshore*

Jenis-jenis disposal adalah sebagai berikut :

- *Platform to Reef (PTR)* : Bagian dari platform digunakan untuk *artificial reef* guna perbaikan ekosistem perairan.
- *Deep Ocean Disposal (DOD)* : instalasi yang *didecommissioning* ditenggelamkan pada perairan laut yang cukup dalam dan cukup aman.

- b. Removal : Yaitu proses dimana *Module* anjungan lepas pantai akan dipindahkan dari tempat asalnya, menuju tempat yang telah disepakati sebelumnya.

Menurut Saputra (2017) tiga metode yang paling umum dalam proses *removal platform* pada saat *decommissioning* adalah sebagai berikut :

- a. *Complete Removal*

Proses metode ini yaitu melepas seluruh platform, dan semua komponen dari platform tersebut dibongkar dan diangkat menggunakan *Heavy Lift Vessel (HLV)* dan dibawa ke pantai. Pada prosesnya platform dipotong menjadi dua, *topside* dan *jacket*. *topside* dapat digunakan lagi sementara bagian *jacket* dipotong menjadi besi tua. Setelah itu, *jacket* kemudian dipotong minimal 5 kaki di atas permukaan laut.

- b. *Partial Removal*

Metode ini yaitu membongkar platform dengan hanya melepas sebagian dari platform tersebut dan meninggalkan sisanya di lokasi

operasi. Biasanya dilakukan dengan memotong *topside* dan *jacket*, dimana bagian *topside* dibawa ke darat dan *jacket* tetap di dasar laut. Terdapat beberapa pilihan proses untuk *jacket* yang ditinggalkan tersebut, contohnya dipotong sesuai regulasi, dipakai sebagai terumbu karang buatan, atau digunakan untuk pembangkit energi terbarukan.

c. *Leave In-place*

Metode ini juga dapat disebut *abandonment* atau pengabaian, yaitu peletakan platform di lokasi operasinya dan ditinggalkan setelah prosedur pelepasan *riser* selesai. Metode ini biasanya digunakan untuk platform terletak pada kedalaman lebih dari 400 kaki dan tidak pada jalur lalu lintas kapal.

Dari metode-metode yang telah disampaikan tersebut metode yang paling mungkin untuk dilaksanakan adalah metode *Complete Removal* dan *Partial Removal* dikarenakan pemerintah Indonesia tidak mengizinkan pihak yang bertanggung-jawab meninggalkan struktur yang telah habis masa pakainya untuk ditinggalkan begitu saja atau biasa disebut dengan *Leave-in-Place*. Sementara untuk metode *Partial Removal* dapat dilakukan ketika memang kondisi kaki *jacket* yang memang berada dalam kedalaman yang lebih dari batas aman pelayaran.

Menurut Arianti dan Ghofur (2019) Proses *decommissioning* sendiri sebenarnya memang bukan sebuah proses yang ekonomis, dikarenakan biaya yang dibutuhkan dalam proses pekerjaannya yang tentunya tidak sedikit. Akan tetapi tentunya apabila proses ini tidak dilakukan dan tidak diwajibkan kepada seluruh operator maka yang akan terjadi adalah banyaknya platform yang terbengkalai di wilayah perairan Indonesia yang tentunya akan memberi dampak negatif dalam berbagai aspek kemaritiman. Dengan banyaknya anjungan lepas pantai terpancang yang sudah berusia lebih dari 20 tahun maka perlu dipersiapkan metode-metode yang sesuai dengan standar internasional. Lahirnya metode-metode *decommissioning* inilah yang nantinya membutuhkan adanya manajemen risiko guna meminimalisir adanya kecelakaan kerja yang terjadi dimasa mendatang.

2.2.1.1. Peraturan yang mengatur Proses *Decommisioning*

a. Peraturan Menteri ESDM No. 01 Tahun 2011

Peraturan yang diatur dalam Peraturan Menteri ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) Nomor 01 tahun 2011 dapat disederhanakan sebagai berikut, penulis mengambil pasal 4 dan pasal 12 sebagai sajian guna memperkuat tujuan penulisan :

Pasal 4

Pembongkaran instalasi lepas pantai wajib dilaksanakan dengan menggunakan teknologi yang sesuai dengan standar nasional Indonesia atau standar regional atau standar internasional dan kaidah keteknikan yang baik serta memenuhi aspek keselamatan kerja dan kesehatan kerja serta lingkungan.

Pasal 12

- 1) Kontraktor dalam melaksanakan pembongkaran wajib:
 - a) Memotong konduktor 5 (lima) meter di bawah garis lumpur (*mudline*) atau sejajar dengan dasar laut dalam hal jarak antara garis lumpur (*mudline*) dan dasar laut kurang dari 5 (lima) meter;
 - b) Memotong konduktor menjadi segmen-segmen sepanjang maksimum 12 (dua belas) meter;
 - c) Membongkar instalasi atas permukaan (*top side facility*) dengan memotong sambungan las antara tiang pancang dengan kaki deck;
 - d) Memotong tiang pancang dan dudukannya 5 (lima) meter di bawah garis lumpur (*mudline*) atau sejajar dengan dasar laut dalam hal jarak antara garis lumpur (*mudline*) dan dasar laut kurang dari 5 (lima) meter;
 - e) Memotong pipa penyalur di atas titik *riser bend* dan pada jarak 3 (tiga) meter dari dasar kaki instalasi;
 - f) Menyumbat pipa penyalur yang ditinggalkan dan ujungnya dipendam sedalam 1 (satu) meter atau dilindungi dengan material pengaman;

- g) Memotong pipa penyalur yang akan dipindahkan, menjadi bagian-bagian kecil sepanjang 9 (sembilan) meter sampai dengan 12 (dua belas) meter.
- 2) Kontraktor wajib menempatkan hasil pembongkaran di lokasi penyimpanan yang telah disetujui.
 - 3) Kontraktor wajib melakukan pembersihan dasar laut dari sisa pekerjaan pembongkaran atau yang berasal dari aktivitas produksi masa lalu dengan batas minimum cakupan wilayah pembersihan sesuai daerah terlarang dengan radius 500 (lima ratus) meter.
 - 4) Kontraktor wajib memastikan kebersihan dasar laut dari sisa pekerjaan pembongkaran menggunakan *site scan sonar system* dan/atau *test trawling*.

b. IMO Guidelines Policies

IMO Guidelines 1989 (*Removal of Offshore Installation and structures on the Continental Shelf and in EEZ*) menjelaskan beberapa poin mengenai proses *decommissioning* sebagai berikut : (Saputra, 2017)

- 1) Prinsip dasar dalam proses ini adalah bahwa platform yang sudah tidak digunakan haruslah dibongkar.
- 2) Anjungan lepas pantai yang berada pada kedalaman kurang dari 75 meter atau 100 meter, setelah 1 januari 1998, dan memiliki berat kurang dari 4000 ton haruslah dipindahkan kecuali : tidak memungkinkan secara teknis; membutuhkan biaya yang ekstrem; mengandung risiko yang tidak dapat diterima bagi pekerja dan lingkungan.
- 3) Instalasi yang ada setelah tanggal 1 januari 1998 haruslah didesain dan dibangun agar memungkinkan untuk dilakukan *complete removal*

2.2.1.2. Tahapan Proses *decommissioning*

Dalam melakukan proses *decommissioning* dari struktur bangunan lepas pantai terdapat beberapa proses yang harus dilakukan meliputi beberapa proses berikut (Murdjito 2015) :

- a. Instalasi dari alat bantu untuk proses *lifting* dan persiapan pemotongan struktur.
- b. *Lifting and Moving*
- c. Proses meletakkan top side ke atas *barge*
- d. Melakukan proses *rigging* pada struktur kaki *jacket*
- e. Memotong kaki *jacket* dan *conductor* pada *sea-bed*
- f. *Lifting* struktur kaki *jacket*
- g. Meletakkan struktur kaki *jacket* pada *barge*
- h. *Seafastening*
- i. *Seatransportation*

2.2.2. Definisi Risiko

Definisi dari risiko menurut OHSAS 18001:2007 melalui Guntara (2017) adalah bahwa risiko merupakan kombinasi dari kemungkinan terjadinya kejadian berbahaya atau paparan dengan keparahan suatu cedera atau sakit penyakit yang dapat disebabkan oleh kejadian atau paparan tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi risiko, penilaian risiko, dan penetapan pengendalian risiko yang diperlukan. Definisi lain dari risiko bersumber pada ISO Guide 73: 2009 melalui Rafika (2019) menyatakan bahwa risiko merupakan ketidakpastian yang berdampak pada sasaran. Ketidakpastian tersebut tentunya berasal dari banyak faktor baik dari faktor alam maupun faktor manusia.

2.2.3. Risk Assessment

Prinsip dari proses *risk assessment* atau proses penilaian risiko menurut Wong (2010) memiliki lima tahap umum yaitu :

- a. Identifikasi Bahaya

- b. Menentukan bahaya yang dapat mengancam dan bagaimana ancaman dapat timbul
- c. Mengevaluasi risiko yang ada serta menentukan langkah penanggulangan
- d. Mengimplementasikan langkah penanggulangan
- e. Melakukan review dari penilaian risiko serta melakukan pembaharuan apabila diperlukan.

Sedangkan secara umum, prinsip dari penilaian risiko didalam dunia industri berbasis pada beberapa elemen utama berikut yaitu :

- a. Mengidentifikasi bahaya, dan menentukan bahaya mana yang dapat membahayakan proses.
- b. Risiko didefinisikan sebagai probabilitas dari kejadian berbahaya yang dapat terjadi.
- c. Konsekuensi adalah efek buruk yang dapat terjadi ketika kejadian berbahaya tersebut terjadi.
- d. *Risk Assessment* merupakan proses mempertimbangkan risiko dan konsekuensi dari kejadian berbahaya yang dapat terjadi guna menentukan perlu atau tidaknya tindakan guna menghindari atau mengurangi risiko yang ada.
- e. Hasil dari *risk assessment* serta setiap tindakan haruslah selalu dicatat.

Selanjutnya apabila mengacu pada ISO 31000:2009 *risk assesment* dapat didefinisikan sebagai keseluruhan proses dari identifikasi risiko, analisis risiko dan evaluasi risiko. Berikut merupakan penjelasan mengenai elemen-elemen tersebut :

a. Identifikasi risiko

Identifikasi risiko merupakan proses untuk menemukan, mengenali, dan menggambarkan risiko. Proses identifikasi risiko bertujuan untuk mendata risiko yang harus dikelola. Proses ini bertujuan untuk mendata risiko yang nantinya harus dikelola oleh sebuah organisasi melalui proses pengelolaan yang terstruktur dan sistematis. Proses ini sangatlah penting dalam merumuskan seluruh risiko yang ada dikarenakan risiko yang terdata ini nantinya yang akan diolah pada proses selanjutnya, apabila terdapat risiko yang tidak terdata maka

sistem tersebut akan rentan terhadap risiko-risiko yang belum diperkirakan. Proses ini juga mengupayakan untuk mengidentifikasi risiko yang berasal dari internal maupun eksternal sistem. Langkah awal dari proses ini adalah melalui pengumpulan informasi historis serta pengumpulan data lapangan yang berasal dari laporan dari kasus-kasus sejenis yang kemudian nantinya akan dimatangkan melalui proses diskusi dengan pihak-pihak terkait seperti para ahli dan praktisi pada bidang yang sedang dianalisa.

b. Analisa Risiko

Analisis risiko menurut ISO 31000:2009 adalah suatu proses untuk memahami sifat dari suatu risiko dan menentukan tingkat risiko. Hasil dari analisa risiko ini akan digunakan sebagai masukan dari evaluasi risiko dan mengambil keputusan mengenai perlakuan terhadap risiko tersebut dalam strategi-strategi tertentu. Secara umum tujuan dari analisa risiko ini adalah untuk menganalisa efek dan kemungkinan terjadinya risiko yang dapat menghambat proses untuk mencapai tujuan sistem. Analisa risiko ini melibatkan penilaian risiko yang memiliki tujuan untuk menentukan tingkat kepentingan risiko berdasarkan *likelihood* dan *severity*.

c. Evaluasi Risiko

Evaluasi risiko merupakan proses guna membandingkan hasil dari analisis risiko dengan kriteria risiko untuk kemudian ditentukan apakah risiko tersebut dapat diterima atau ditolerir. Tujuan dari evaluasi risiko juga untuk membantu proses pengambilan keputusan berdasarkan hasil dari analisa risiko. Pada proses ini akan ditentukan prioritas perlakuan dari risiko-risiko yang ada dan akan digunakan untuk menentukan mana saja risiko yang harus diutamakan dalam proses perlakuan / manajemen risiko

d. Perlakuan Risiko

Merupakan proses yang dilakukan untuk memodifikasi risiko. Perlakuan risiko ini bersifat berulang terus dari tiap tahapan hingga dapat memprediksi apakah tingkat risiko yang tersisa dapat diterima atau tidak ketika suatu perlakuan dilakukan.

2.2.4. Risk Assessment Matrix

Matriks penilaian risiko merupakan matriks yang dihasilkan dengan memformulasikan tabel *severity level* dan tabel *likelihood* sehingga dari hasil yang didapatkan dari keduanya akan dihasilkan *risk ranking* yang nantinya dapat memberikan indikasi apakah nilai risiko tersebut dapat diterima atau tidak (Wong, 2010). *Severity level* merupakan level dari keparahan suatu risiko atau dampak yang ditimbulkan dari risiko tersebut. *Likelihood* merupakan tingkatan yang menunjukkan kemungkinan terjadinya suatu risiko. Berikut ini merupakan tabel *likelihood* dan *severity*. Hasil kali dari matriks *Severity* dan *Likelihood* ini akan menghasilkan ranking matrik dimana nilai-nilai kuantitatif yang ada lahir dari penilaian kualitatif seorang ahli

Tabel 2.1 Tabel *Severity*

Tingkat <i>Severity</i>	Uraian	Definisi
5	Serius	Mengakibatkan Korban Jiwa ; Kerusakan Properti Parah; Kerusakan Lingkungan Jangka Panjang; Menghentikan operasional lebih dari 2 hari
4	Tinggi	Menimbulkan Cidera yang berakibat Cacat ; Kerusakan Properti Signifikan; Kerusakan Lingkungan yang melanggar standar; Menghentikan operasional 1-2 hari.
3	Medium	Cidera ringan ; kerusakan properti moderat; kerusakan lingkungan minimum; Menghentikan operasional 4-24 jam
2	Rendah	Tidak ada pekerja yang cidera ; kerusakan properti minor; tidak ada dampak lingkungan; Menghentikan operasional 4 jam
1	Minor	Tidak ada pekerja yang cedera ; tidak ada kerusakan properti dan lingkungan; masalah operasional minor

(Sumber : Wong 2010)

Tabel 2.2 Tabel *Likelihood*

Tingkat <i>Likelihood</i>	Uraian	Frekuensi Kejadian
5	<i>Frequent</i>	Berpotensi sering terjadi beberapa kali dalam setahun

4	<i>Occasional</i>	Berpotensi terjadi sekali dalam setahun
3	<i>Moderate</i>	Berpotensi terjadi dalam kejadian khusus; satu atau dua kali dalam umur fasilitas
2	<i>Unlikely</i>	Dapat terjadi; Pernah terjadi didalam sistem sejenis akan tetapi memiliki kemungkinan yang kecil untuk terjadi.
1	<i>Remote</i>	Tidak pernah terjadi; kemungkinan besar tidak terjadi

(Sumber : Wong 2010)

Tabel 2.3 Matriks Risiko

<i>Likelihood</i>	<i>Severity Level</i>				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

(Sumber : Wong 2010)

Keterangan Gambar:

Ranking 25 merupakan risiko yang paling signifikan dan paling berbahaya

Area diantara risiko 1-20 dianggap aman dan tidak memerlukan tindakan apapun

2.2.5. Manajemen risiko

Manajemen risiko merupakan proses kontinu dimana digunakan mengukur dan mengontrol risiko dimana secara reguler diperbarui dan diaudit untuk memastikan setiap komponen sistem berada pada tempat yang tepat serta berfungsi seperti yang sudah direncanakan (Wong, 2010). lingkungan yang berubah-ubah pada akhirnya akan menghasilkan bahaya baru yang dapat memunculkan risiko baru atau dapat menghasilkan perubahan dari risiko yang ada.

Menurut Wong (2010) terdapat beberapa persepsi umum dalam mempelajari dan menjalankan proses manajemen risiko dari suatu sistem.

Persepsi inilah yang nantinya akan menjadi dasaran dalam melakukan kegiatan manajemen risiko suatu sistem, antara lain:

- a. Tidak ada hal yang bisa 100% aman dan reliabel.
- b. Reliabilitas tidak bisa diprediksi tanpa data statistik, dan tanpa data statistik kemungkinannya menjadi tidak diketahui
- c. Manusia suatu saat akan melakukan kesalahan.
- d. Lingkungan kerja yang aman dan sehat hanya bisa dicapai apabila seluruh faktor yang mempengaruhi dipahami.
- e. Modifikasi kegunaan dari suatu sistem yang sudah ada akan mengarah kepada risiko kegagalan yang lebih besar.
- f. Untuk mengambil keputusan mengenai langkah yang akan diambil untuk menanggulangi operasi yang telah mengalami kendala maka perlu dilakukan pengecekan mengenai relevansinya dengan standar yang ada.

Dalam proses manajemen risiko, maka yang salah satu yang paling penting untuk dilakukan adalah melakukan perlakuan terhadap risiko yang ada. Perlakuan ini berupa proses pengendalian risiko yang ada. Pengendalian risiko merupakan proses mengidentifikasi bahaya dan mempertimbangkan peringkat risiko yang ada untuk menentukan prioritas dan cara pengendaliannya (Guntara, 2018). Beberapa pilihan dalam proses pengendalian risiko menurut ISO 31000:2009 adalah sebagai berikut :

- a. *Avoid*, strategi yang dilakukan dengan cara mengeliminasi secara total ancaman yang ada untuk mencegah terjadinya risiko. Strategi ini dapat berakhir dengan membatalkan seluruh pekerjaan.
- b. *Transfer*, strategi yang dilakukan dengan cara mengalihkan risiko kepada pihak ketiga termasuk dengan tanggungjawabnya dalam mengelola risiko tersebut.
- c. *Mitigate*, strategi yang dilakukan untuk mengurangi probabilitas kejadian atau dampak yang ditimbulkan akibat risiko. Salah satunya dengan melakukan pencegahan sebelum kegagalan terjadi.
- d. *Accept*, strategi ini dilakukan apabila strategi yang dilakukan tidak memungkinkan untuk dijalankan ataupun risiko yang sudah teridentifikasi tidak memiliki dampak yang besar sehingga

keputusan yang diambil adalah membiarkan risiko yang terjadi tanpa ada aksi untuk menanggulangnya.

Dalam proses melakukan manajemen risiko, untuk mengendalikan risiko agar tidak berbahaya dapat dilakukan dengan memperhatikan hirarki pengendalian bahaya. Hierarki ini akan menunjukkan mengenai urutan langkah yang harus diambil dalam proses menanggulangi risiko. Hirarki tersebut adalah sebagai berikut (Guntara,2018) :

- a. Eliminasi yaitu teknik pengendalian dengan menghilangkan sumber bahaya
- b. Substitusi yaitu teknik pengendalian dengan mengganti alat, bahan, sistem, maupun prosedur yang memiliki risiko yang tinggi dengan yang lebih aman dan reliabel
- c. Pengendalian Teknis yaitu teknik pengendalian peralatan kerja
- d. Pengendalian Administratif yaitu pengendalian bahaya dengan mengatur pola-pola administrasi manusia seperti jadwal kerja dan sebagainya.
- e. Penggunaan Alat Perlindungan Diri yaitu teknik yang digunakan apabila risiko memang harus dihadapi. Cara ini dilakukan dengan menggunakan alat-alat perlindungan diri bagi para pekerja.

2.2.6. Kecelakaan Kerja

Kecelakaan dalam pengerjaan suatu proyek seringkali dapat terjadi dan menimbulkan kerugian bagi banyak pihak. Melalui Peraturan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor 03/MEN/1998 tentang Tata Cara Pelaporan dan Pemeriksaan Kecelakaan, pemerintah Indonesia mencoba untuk menjaga agar setiap pelaku industri menjaga dan memperhatikan adanya risiko kecelakaan kerja yang dapat terjadi dalam pekerjaan yang mereka lakukan. Dalam peraturan tersebut dijelaskan bahwa yang dimaksud dengan kecelakaan adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diduga semula yang dapat menimbulkan korban jiwa maupun harta benda.

Secara umum penyebab dari kecelakaan kerja terbagi menjadi penyebab dasar (*basic causes*) dan juga penyebab langsung (*immediate*

causes). kedua penyebab ini akan dijabarkan pada poin pembahasan berikut (Veroza, 2017)

a. Penyebab dasar

- Faktor manusia dimana faktor ini meliputi faktor penyebab yang sifatnya manusiawi seperti kurangnya kemampuan fisik, mental, dan psikologis. Kurangnya pengetahuan dan keterampilan. Tingkat stress. Kelalaian dan kurangnya fokus dan lain sebagainya.
- Faktor lingkungan kerja seperti kurangnya kemampuan kepemimpinan, pengawasan, proses *engineering*, proses pembelian atau pengadaan barang, perawatan alat-alat perlengkapan. Standar kerja serta peraturan dalam pengerjaan proyek, dan lain sebagainya.

b. Penyebab Langsung

- Kondisi berbahaya yaitu tindakan yang dapat menyebabkan kecelakaan atau kondisi-kondisi yang meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Misalnya peralatan pengaman dan pelindung yang kurang memadai; peralatan yang rusak; kondisi ruangan yang terlalu sempit; kurangnya sistem deteksi dan sistem peringatan adanya kondisi bahaya; bahaya-bahaya kebakaran dan ledakan; kurang baiknya tata letak barang (*housekeeping*); lingkungan berbahaya dan beracun (gas, debu, asap, uap, dan lainnya); paparan radiasi; ventilasi serta penerangan yang kurang baik. (Veroza, 2017)
- Tindakan Berbahaya, yaitu tindakan, tingkah laku, tindak-tanduk, atau perbuatan yang akan menyebabkan kecelakaan sebagai contohnya adalah mengoperasikan alat tanpa wewenang; gagal untuk memberikan peringatan dan pengamanan; bekerja dalam tempo yang salah; memindahkan alat keselamatan; menggunakan alat yang rusak; kesalahan tata cara penggunaan alat; kegagalan memakai alat perlindungan diri secara benar (Veroza, 2017)

Dalam menentukan tingkat risiko dari tiap kejadian, maka kejadian yang membahayakan keselamatan pekerjaan, nantinya akan

diklasifikasikan dalam level-level yang disesuaikan dengan matriks risiko yang ada. Dimana dalam tugas akhir ini hanya akan mempertimbangkan risiko yang menyebabkan kematian

2.2.7. International Oil & Gas Producers (IOGP) Safety Data

International Association of Oil & Gas Producers, IOGP, merupakan sebuah asosiasi dari perusahaan yang bergerak dalam industri minyak dan gas. Asosiasi ini mengumpulkan data kecelakaan yang berhubungan dengan keselamatan proses eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi dari seluruh perusahaan yang menjadi anggotanya. Data yang diproduksi dalam laporan ini merupakan database terbesar mengenai statistik *safety incident* dalam industri minyak dan gas. Tujuan dari adanya pengumpulan data tersebut adalah untuk mengumpulkan data tahunan dan menganalisa tiap kejadian yang ada. Selain itu dengan adanya data ini diharapkan adanya sumber informasi terpusat yang cukup besar untuk menganalisa tren dari insiden yang terjadi, menjadi acuan untuk menentukan fokus dari area-area yang memerlukan fokus lebih dalam upaya manajemen risiko guna mengurangi kejadian kecelakaan kerja serupa dapat terulang kembali di masa yang akan datang.

Dalam laporan yang dikeluarkan oleh IOGP ini, terdapat beberapa beberapa kategori insiden yang merangkum insiden dengan klasifikasi yang sudah disesuaikan dengan kondisi dan pengalaman yang sudah didapatkan. Berikut merupakan kategori dari insiden/*event* :

- a. *Aviation Incident*; kejadian yang berkaitan dengan operasi yang berhubungan dengan alat transportasi udara.
- b. *Assault or Violent Act*; percobaan yang disengaja untuk mengancam ataupun perlakuan yang ditujukan untuk mencederai yang dilakukan oleh individu. Dalam hal ini perlakuan yang sengaja ditujukan untuk merusak properti juga termasuk kedalam kategori ini
- c. *Caught In, Under or Between (excl. Dropped object)*; kecelakaan yang mengakibatkan cedera akibat ditabrak oleh bagian yang bergerak dari sebuah mesin. Terjebak diantara objek tubular atau

sejenisnya yang menggeling saat sedang bergerak. Terjepit diantara kapal dengan dock atau sejenisnya.

- d. *Confined Space*; kecelakaan ini menyebabkan pekerja terjepit akibat ruangan yang konfigurasinya menghalangi para pekerja untuk dapat masuk, bekerja, dan keluar dari ruangan tersebut.
- e. *Cut, Puncture, Scrape*; Luka sobek ataupun memar sedang maupun parah yang melukai kulit.
- f. *Dropped Object*; setiap item yang memiliki potensi untuk menyebabkan cedera atau bahkan kematian, atau dampak lain yang berkaitan dengan lingkungan dan peralatan dimana item tersebut memiliki potensi untuk jatuh dari ketinggian.
- g. *Explosion or Burn*; Kebakaran yang diakibatkan oleh api, ledakan, dan temperatur ekstrim. Ledakan dalam definisi kebakaran yang bersifat cepat dan bukan dalam tekanan yang tinggi.
- h. *Exposure: Electrical*; akibat dari adanya sengatan listrik ataupun *electrical burns*
- i. *Exposure: Noise; Chemical, Biological, Vibration*; akibat dari kebisingan yang parah, cairan kimia berbahaya, barang-barang biologis yang berbahaya, dan radiasi/vibrasi
- j. *Fall from height*; Pekerja yang jatuh dari ketinggian
- k. *Overexertion/Strain*; Terkilir ataupun pergerakan dari pekerja yang melebihi batas kemampuan
- l. *Pressure Release*; kegagalan yang mengakibatkan adanya kebocoran atau keluarnya cairan ataupun gas dari sistem yang memiliki pengaturan tekanan khusus.
- m. *Slips and Trip*; pekerja yang jatuh karena tergelincir.
- n. *Struck By*; insiden yang mengakibatkan cedera akibat tertabrak oleh peralatan yang bergerak.
- o. *Water related, drowning*; insiden yang berhubungan langsung dengan air yang berakibat signifikan seperti tenggelam.
- p. *Other*;

Insiden tersebut terjadi dalam beberapa jenis aktivitas umum yang umum dijalankan dalam kegiatan industri minyak dan gas. Aktivitas tersebut antara lain adalah:

- a. *Construction, Commisioning, Decommisioning*; aktivitas yang melibatkan proses konstruksi, fabrikasi dan instalasi dari peralatan, fasilitas, dan pengujian untuk memastikan bahwa alat tersebut mampu untuk menjalankan fungsinya. Serta proses pencopotan atau pembongkaran dari suatu peralatan ketika sudah berakhir masa pakainya.
- b. *Diving, Subsea, ROV*; operasi yang melibatkan proses menyelam, ataupun proses-proses yang berada dibawah air yang dapat melibatkan ROV.
- c. *Drilling, Workover, Well Services*; aktivitas yang berhubungan dengan proses pengembangan dan *maintenance* dari sumur minyak dan gas bumi.
- d. *Excavation, trenching, ground disturbance*; Aktivitas pengerukan yang mungkin diperlukan ketika proses pemotongan kaki *jacket* maupun konduktor yang terkubur oleh sedimen dasar laut.
- e. *Lifting, Crane, Rigging, Deck Operations*; aktivitas yang berhubungan dengan penggunaan peralatan *lifting* mekanis dan peralatan hoisting. Penggunaan peralatan *drilling rig* dan *drill pipe handling* pada *rig floor*.
- f. *Mainteance, Inspection, Testing*; aktivitas yang berhubungan dengan persiapan, perbaikan, pengecekan, dan pengujian fungsi dari tiap peralatan dan berbagai fasilitas yang ada.
- g. *Office, Warehouse, Accommodatin, Catering*; aktivitas yang berhubungan dengan pekerjaan yang dilakukan di kantor serta pekerjaan lain yang berhubungan dengan akomodasi dari tiap personel.
- h. *Production Operation*; kegiatan yang berhubungan dengan proses ekstraksi hidrokarbon dari dalam bumi. Aktivitas ini mencakup proses *primer, storage*, dan proses pemindahan. Selain itu aktivitas ini akan berhubungan dengan proses operasi normal, *start-up*, dan *shut-down*.

- i. *Seismic/Survey Operation*; aktivitas yang berhubungan dengan proses determinasi struktur di bawah permukaan yang bertujuan untuk menentukan lokasi dari minyak dan gas bumi yang meliputi pengumpulan data geofisika dan data seismik.
- j. *Transport - Air*; aktivitas yang melibatkan kendaraan udara seperti pesawat maupun helikopter.
- k. *Transport - Land*; aktivitas yang melibatkan kendaraan darat yang didesain untuk memindahkan orang maupun barang.
- l. *Transport - Water, including Marine Activity*; aktivitas yang melibatkan kapal beserta peralatannya yang digunakan untuk memindahkan orang ataupun barang melalui air; *supply vessel, crew boat*.
- m. *Unspecified - Other*;

Dalam data yang didapatkan dari IOGP ini, terdapat data mengenai kasus-kasus dari berbagai insiden yang terjadi dalam tiap aktivitas yang dilakukan. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisa untuk menentukan risiko yang paling mungkin terjadi dalam proses *decommissioning* dimana risiko tersebut dapat mengakibatkan **fatalitas/kematian**. Dimana fatalitas yang dimaksud dalam laporan ini merupakan angka kematian yang berada ada tiap 100.000.000 (100 juta) jam kerja.

Berikut ini merupakan contoh data kecelakaan/insiden beserta aktivitas yang menyebabkan kecelakaan tersebut, data ini dihimpun pada tahun 2017 hingga 2018.

Tabel 2.4 Daftar insiden yang mengakibatkan fatalitas pada masing-masing kategori aktivitas pada tahun 2017-2018

<i>Activity</i>	<i>Incident Category</i>										
	<i>Caught in, under or</i>	<i>Confined Space</i>	<i>Cut, Puncture, Scrape</i>	<i>Dropped object</i>	<i>Explosions or burn</i>	<i>Exposure electrical</i>	<i>Fall from height</i>	<i>Struck by</i>	<i>Water related, drowning</i>	<i>Other</i>	<i>Overall</i>
<i>Construction, commissioning, decommissioning</i>	2	1					2		1		6
<i>Diving, subsea, ROV</i>	1								1		2
<i>Drilling, workover, well services</i>	6	1			7	1	2	1			18
<i>Lifting, crane, Rigging, deck Operation</i>	4			1				5			10
<i>Maintenance, inspection, testing</i>	2	2			3	1		3			11
<i>Office, warehouse, accomodation</i>											0
<i>Production operation</i>	1				2		1	1			5
<i>Seismic / Survey</i>					1						1

<i>Transport - Air</i>											0
<i>Transport - Land</i>	4							5			9
<i>Transport - Water</i>								1			1
<i>Unspecified/Others</i>										1	1
<i>Total</i>	20	4	0	1	13	2	5	16	2	1	64

2.2.8. Fault Tree Analysis

Menurut Rosyid (2007) melalui Setianingrum (2019) *Fault Tree Analysis* merupakan sebuah metode untuk mengidentifikasi semua sebab yang mungkin (kegagalan komponen atau kejadian kegagalan lainnya yang terjadi sendiri atau bersama-sama) menyebabkan kegagalan sistem dan memberi pijakan perhitungan peluang kejadian kegagalan tersebut.

Menurut Wong (2010), *Fault Tree Analysis* merupakan metode *top-down* dimana dalam analisa ini akan dimulai dengan menentukan kejadian yang tidak diharapkan. Dari kejadian yang tidak diharapkan tersebut nantinya akan ditentukan setiap penyebab atau kejadian-kejadian yang dapat menyebabkan terjadinya kejadian yang tidak diharapkan di atas. Semua proses tersebut diulangi hingga mencapai kondisi dimana setiap kejadian paling mendasar telah diidentifikasi. Sebuah diagram nantinya akan dihasilkan dari proses ini dimana diagram tersebut akan menampilkan setiap penyebab dari kejadian yang tak diharapkan beserta dengan probabilitas dari kejadian tersebut sehingga probabilitas kejadian yang tidak diharapkan dapat dipetakan.

Menurut Ericson (2005) melalui Setianingrum (2019) mengungkapkan bahwa ada delapan prosedur dasar dalam proses FTA, yaitu:

- a. Memahami desain sistem dan operasi. Memperoleh data desain saat ini (gambar, skema, prosedur, diagram, dll).
- b. Secara deskriptif mendefinisikan masalah dan menetapkan hal yang benar-benar tidak diinginkan untuk dianalisis.

- c. Tentukan aturan dasar analisis dan batas-batas cakupan masalah dan mencatat semua aturan-aturan dasar.
- d. Ikuti proses konstruksi, aturan, dan logika untuk membangun model sistem *fault tree*.
- e. Menghasilkan cut set dan probabilitas kemudian mengidentifikasi mata rantai yang lemah dan masalah keamanan dalam desain.
- f. Periksakan ke responden apakah model *fault tree* benar, lengkap, dan akurat mencerminkan desain sistem.
- g. Memodifikasi *fault tree* seperti kenyataan yang ditemukan diperlukan selama validasi atau karena perubahan desain sistem.
- h. Melengkapi dokumen pada seluruh analisa dengan data pendukung

2.2.9. Event Tree Analysis

Event Tree Analysis menurut Bielinski (2017) melalui Setianingrum (2019) adalah diagram dimana seseorang dapat menampilkan urutan kejadian dan *barrier* nya, dimulai dengan menginisiasikan suatu keadaan yang menyebabkan anomali dan menimbulkan dampak pada setiap tahapan analisis. Pada metode ini diasumsikan bahwa tiap urutan kejadian adalah sukses atau gagal. *Event Tree Analysis* merupakan proses menganalisa dampak sebagai sebuah konsekuensi yang diterima akibat suatu peristiwa kegagalan dimana terdapat tiga langkah utama dalam proses menyusun *Event Tree Analysis* yaitu (Setianingrum, 2019) :

1. Penggambaran bagian sistem secara detail

Gambaran sistem ini adalah semua hal yang berhubungan dengan kejadian utama yang ditinjau. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan hasil estimasi peristiwa yang akan terjadi setelah terjadinya kejadian utama tersebut. Semakin detail penggambaran, maka konsekuensi yang dapat diperkirakan akan semakin valid karena semakin banyak kejadian-kejadian yang akan diperkirakan.

2. Menggambar *event tree diagram*

Penggambaran ini harus sesuai dengan semua kejadian-kejadian yang telah diperkirakan. Pada setiap kejadian di tiap diagram akan menghasilkan pertanyaan yang bisa dijawab dengan “ya” atau

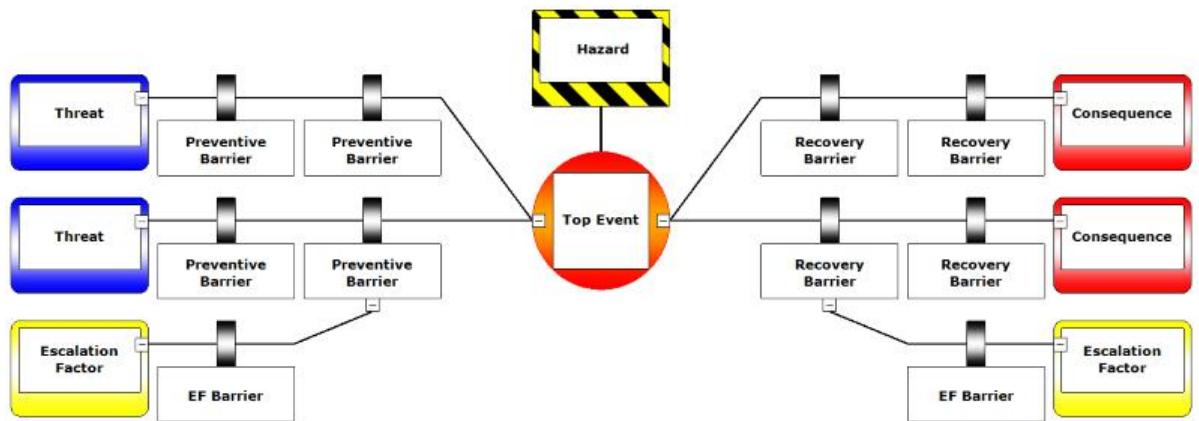
“tidak”. Setiap jawaban menginisiasi kejadian terkait yang lain dan terus dilakukan hingga konsekuensi akhir dari setiap cabang kejadian perkiraan.

3. Mencari probabilitas

Probabilitas ini dilakukan atas jawaban dari setiap kejadian perkiraan yang tertera pada diagram. Probabilitas dari tiap-tiap konsekuensi didapatkan dari total probabilitas untuk setiap kejadian yang dikalikan dengan probabilitas jawaban dari kejadian yang lain yang sesuai dengan alur konsekuensi. Total probabilitas dari seluruh konsekuensi pada diagram harus berjumlah 1 atau 100%, apabila tidak sama dengan 1 atau 100% maka pengecekan ulang pada diagram perlu dilakukan untuk mencari kemungkinan kesalahan pada proses perhitungan.

2.2.10. Bowtie Analysis

Bowtie Analysis merupakan metode diagramatis yang digunakan menggambarkan dan menganalisis jalur suatu risiko dari faktor penyebab kegagalan hingga dampaknya. Metode ini sering dianggap sebagai kombinasi dari *fault tree analysis* dan *event tree analysis* dimana pada *fault tree analysis* dipaparkan mengenai faktor-faktor penyebab suatu risiko dan *event tree analysis* sebagai pohon kejadian yang memaparkan mengenai dampak atau konsekuensi yang harus ditanggung ketika suatu kegagalan terjadi.



Gambar 2.1 Bowtie Diagram (www.cgerisk.com)

Bowtie Analysis termasuk pada kategori analisa risiko semi-kuantitatif. Pendekatan *bowtie analysis* merupakan pendekatan yang terstruktur untuk melakukan analisa risiko kasus keamanan, dengan menggabungkan penyebab dan analisa konsekuensi ke dalam satu diagram dengan pohon kegagalan. menurut Soehatman (2010) melalui Setyani (2018) untuk melakukan sebuah analisa risiko menggunakan metode *bowtie* terdapat 8 langkah kerja sebagai berikut :

a. Menentukan Bahaya

Bahaya (*Hazard*) adalah segala sesuatu yang berpotensi menimbulkan kegagalan

b. Menentukan *Top Event*

Yaitu menentukan *Top Event* sebagai suatu bahaya yang memiliki tingkat risiko yang signifikan sehingga perlu untuk dilakukan sebuah analisa risiko

c. Menentukan *Threat*

Threat atau ancaman merupakan suatu hal yang nantinya akan menjadi penyebab terjadinya suatu *top-event*

d. Menentukan Konsekuensi

Konsekuensi merupakan ancaman yang nantinya akan terjadi dan diterima oleh suatu sistem ketika terjadi kegagalan.

e. Menetapkan *barrier*

barrier berguna untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadinya suatu risiko kegagalan. Dalam proses manajemen risiko

barrier ini nantinya akan dibagi menjadi tiga jenis yaitu *engineering*, administratif, dan *man-power*.

f. Menetapkan *barrier* mitigasi

Secara umum *barrier* mitigasi sama seperti pada poin sebelumnya. Hanya saja tujuan yang ingin dicapai dari bagian ini adalah untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan konsekuensi yang harus ditanggung ketika kegagalan sistem terjadi.

g. Mencari faktor eskalasi'

Faktor eskalasi adalah faktor-faktor yang nantinya akan mampu mempengaruhi kemampuan dari *barrier* dalam mengurangi kemungkinan terjadinya suatu risiko kegagalan.

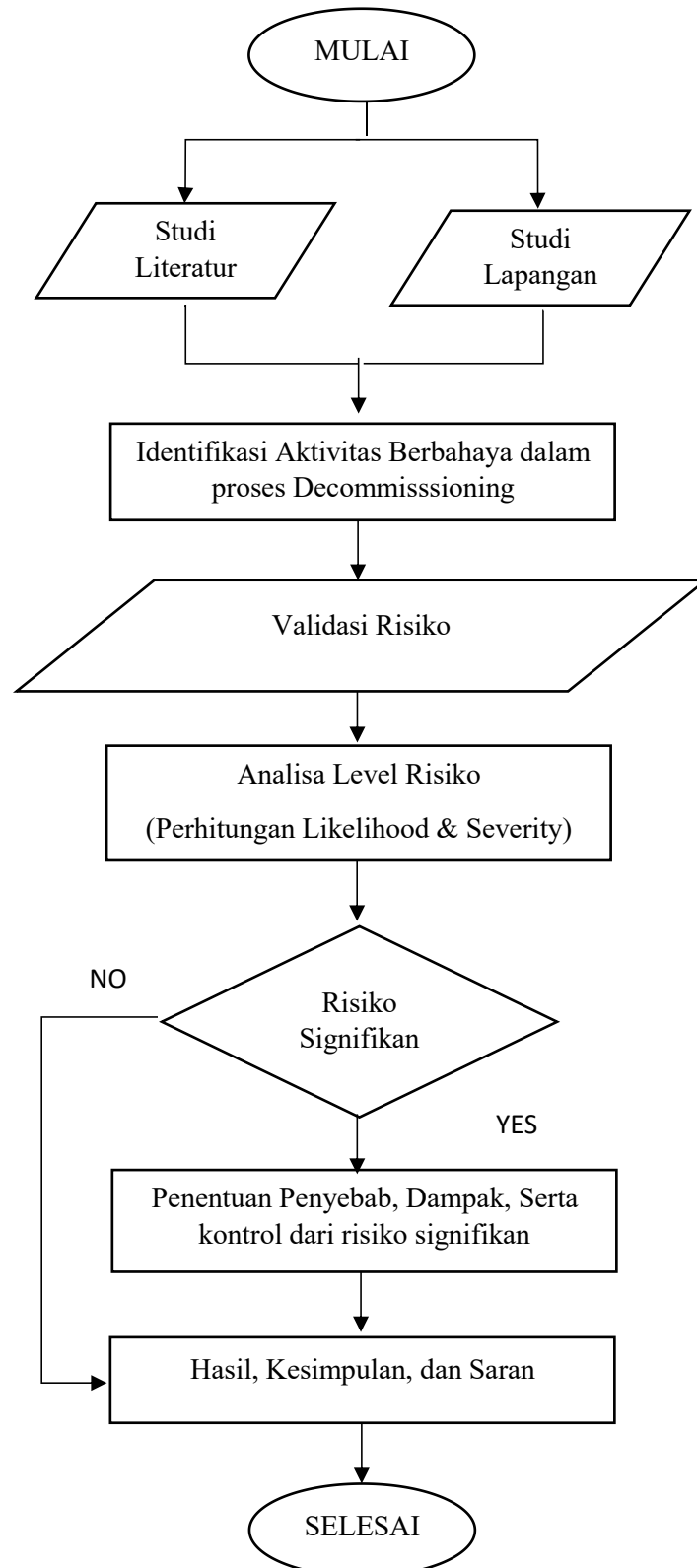
h. Mencari faktor eskalasi mitigasi

Faktor eskalasi mitigasi adalah faktor-faktor yang mampu mempengaruhi kemampuan dari *barrier mitigasi* dalam mengurangi dampak dan konsekuensi yang ditimbulkan akibat kegagalan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini akan digambarkan pada diagram alir di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Penjelasan Diagram Alir

Prosedur penelitian telah dijelaskan secara diagramatis pada bagian sebelumnya. Pada bagian ini akan diberikan penjelasan mengenai tiap bagian dari diagram alir yang telah disajikan pada bagian sebelumnya

a. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan guna menjadi landasan awal bergerak. Rumusan masalah inilah yang nantinya akan menjadi topik atau kasus utama yang akan dibahas dalam penelitian. Perumusan masalah ini pula akan menjadi dasaran dalam menentukan tujuan dari penelitian hingga akhirnya dapat mengetahui manfaat yang nantinya akan dihasilkan setelah penelitian berhasil dilakukan.

b. Studi Literatur

Studi literatur merupakan fase dimana penulis mencoba untuk menggali lebih dalam mengenai masalah yang coba diangkat lewat mencari, mempelajari, serta memahami literatur-literatur atau tulisan ilmiah yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diangkat. Literatur ini pada akhirnya akan menjadi dasaran ilmiah mengenai setiap tindakan yang akan dilakukan oleh penulis. Beberapa tema studi literatur yang penulis coba kumpulkan adalah studi mengenai analisa dan manajemen risiko serta mengenai proses *decommissioning*

c. Studi Lapangan

Merupakan studi yang dilakukan untuk menganalisa mengenai kondisi lapangan yang ada pada objek penelitian. Tujuan dari studi lapangan adalah untuk memastikan secara lebih detail mengenai kondisi lapangan sehingga kita dapat mengenai objek penelitian dan menetapkan batasan masalah sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada.

d. Identifikasi Aktivitas Berbahaya Dalam Proses *Decommissioning*

Setelah melakukan studi literatur dan studi lapangan dimana penulis sudah mampu memahami mengenai kondisi lingkungan yang terjadi di sekitar objek penelitian serta telah memahami literatur yang memberikan teori-teori mengenai risiko-risiko yang ada. Maka penulis selanjutnya melakukan pendalaman mengenai sistem kerja dari proses

decommissioning untuk selanjutnya dapat melakukan identifikasi risiko yang ada dalam sistem tersebut. Proses identifikasi ini nantinya akan menjadi landasan untuk menentukan variabel-variabel risiko yang nantinya akan dinilai oleh para expert.

e. Validasi Variabel Risiko

Variabel risiko yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya, nantinya akan dinilai dengan berdasarkan data yang dikeluarkan oleh *International Association of Oil & Gas Producers*, gunanya adalah untuk memberikan penilaian mengenai kondisi lapangan yang sebenarnya mengenai tiap variable tersebut. Penilaian inilah yang nantinya akan digunakan untuk menilai matriks risiko dari proses *decommissioning*

f. Analisa Level Risiko

Dari hasil validasi variabel yang ada, nantinya akan hitung melalui matriks risiko yang mana akan mempertimbangkan *Likelihood* dan *Severity* dari suatu risiko. Hasil inilah yang nantinya akan menjadi dasaran untuk memilih mana saja risiko yang bersifat dominan atau signifikan.

g. Penentuan Risiko Signifikan

Dari proses analisa risiko yang ada, maka akan dilakukan analisa guna memilih risiko mana saja yang signifikan dapat mengganggu proses *decommissioning*. Dalam penelitian ini manajemen risiko hanya akan dilakukan pada risiko-risiko yang memiliki tingkat risiko yang secara signifikan dapat mengganggu proses *decommissioning* dan mengakibatkan fatalitas .

h. Penentuan Penyebab, Dampak, serta Penanggulangan Risiko yang Ada.

Pada bagian ini akah dibahas mengenai penyebab, dampak, serta bagaimana cara penanggulangan risiko yang ada berdasarkan *guideworks*, atau pun berdasarkan sumber-sumber literatur maupun standar yang berada dilapangan. Pada bagian inilah nantinya yang menjadi bagian yang menunjukkan mengenai penerapan manajemen risiko secara lebih terperinci.

i. Hasil, Kesimpulan, serta Saran

Dari seluruh penelitian yang telah dilakukan maka perlu dituliskan hasil dari penelitian secara komprehensif, serta kesimpulan dan saran yang nantinya akan menjadi produk akhir dari penulisan tugas akhir ini. dengan

adanya hasil yang dituliskan secara komprehensif diharapkan fungsi kebermanfaatan dari tugas akhir ini dapat tercapai secara maksimal.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4. 1. Data Struktur Limacompressor Platform

4. 1. 1. Penjelasan Umum

Limacompressor (LCOM) Wellhead Platform merupakan struktur anjungan lepas pantai dengan tipe *jacket structure*. Struktur *jacket* yang menopang platform ini memiliki empat kaki dan terdiri dari tiga *deck*. Struktur ini tentunya difungsikan sebagai fasilitas produksi minyak dan gas bumi dimana anjungan ini telah diinstal sejak tahun 1973-1974. *Limacompressor Wellhead Platform* dimiliki oleh Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java* (ONWJ). Platform ini terletak di atas teluk Parigi di area *Lima Flowstation* dengan kedalaman perairan 102.88 ft dari *mean sea level (MSL)*. LCOM *Well Platform* memiliki masa operasi hingga tahun 2026 (Setiarini, 2017). Maka dari itu mengingat masa operasi yang sudah mendekati habis, maka perlu dilakukan perencanaan mengenai metode pembongkaran struktur (*decommissioning*). pada tugas akhir ini nantinya akan dijelaskan mengenai perencanaan proses *decommissioning* dengan bahasan mengenai risiko yang dapat menyebabkan kegagalan proses *decommissioning*.

4. 1. 2. Data Struktur

Berikut ini merupakan data-data umum mengenai struktur *Limacompressor Wellhead Platform*.

Tabel 4.1 Data Nama dan Lokasi dari *Limacompressor Platform*

Keterangan	Data
Nama Platform	<i>Limacompressor (L-COM) Wellhead Platform</i>
Koordinat Geografis	05° 53' 42.00"S; 107° 29'31.13 " E
Kedalaman pada tahun	<i>102.88 ft (31.37 m) (MSL)</i>

2026	
------	--

(Sumber : Setiarini, 2017)

Tabel 4.2 Data Umum Struktur *Limacompressor Platform*

Keterangan	Data
<i>Number of Legs</i>	4
<i>jacket dimension at working Point</i>	40 ft x 40 ft
<i>jacket elevation at working point</i>	+12.00 ft
<i>jacket elevation at sea deck</i>	+10.00 ft
<i>Height of jacket</i>	101.00 ft
<i>Number of Piles</i>	4
<i>Risers</i>	2 x 6" Dia 3 x 16" Dia 1 x 12" Dia 1 x 24" Dia
<i>Upper Deck T.O.S Elevation</i>	+65.75 (MSL) (ft)
<i>Main Deck T.O.S Elevation</i>	+45.00 (MSL) (ft)
<i>Cellar Deck T.O.S Elevation</i>	+27.00 (MSL) (ft)
<i>Upper Deck Dimension</i>	48 x 39.85 (ft x ft)
<i>Main Deck Dimension</i>	70 x 70 (ft x ft)
<i>Cellar Deck Dimension</i>	70 x 65 (ft x ft)

(Sumber : Setiarini, 2017)

Tabel 4.3 Data Berat Struktur *jacket* dari *Limacompressor Platform*

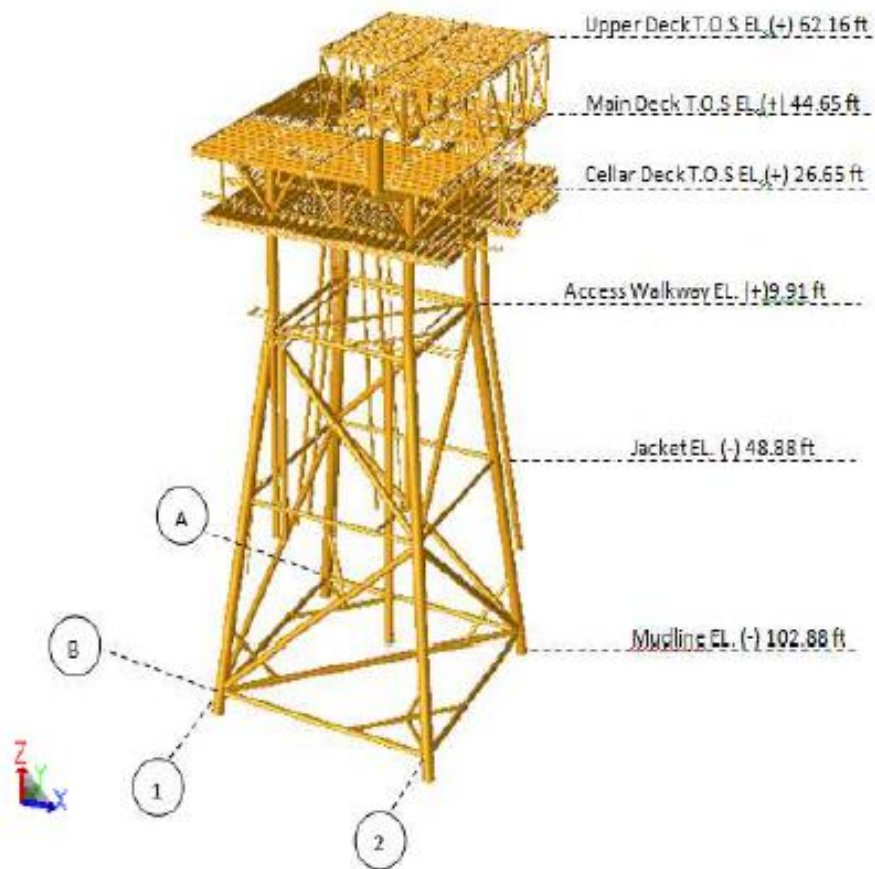
Keterangan	Data
<i>Structural Selfweight</i>	1671.56 kips
<i>Leg Protection</i>	26.82 kips
<i>Mudmat</i>	24.55 kips
Total <i>jacket</i> Load	1722.93 kips

(Sumber : Setiarini, 2017)

Tabel 4.4 Data Berat *topside* dari *Limacompressor Platform*

Keterangan	Data
<i>Total Plate Load</i>	125.40 kips
<i>Access Walkway Load</i>	15.03 kips
<i>Total Buildings Load</i>	13.26 kips
<i>Main Deck Equipment</i>	278.58 kips
<i>Cellar Deck Equipment</i>	324.95 kips
<i>Upperdeck equipment</i>	325.03 kips
<i>Total Piping Load</i>	1080.56 kips
<i>Total Instrumentation Load</i>	38.79 kips
<i>Crane Self Weight</i>	51.1 kips
Total Deck Load	1974.12 kips

(Sumber : Setiarini, 2017)



Gambar 4.1 Model 3D dari *Limacompressor Platform* (Setiarini 2017)

4. 2. Proposed Decommissioning Program

Program *Decommissioning* platform *wellhead Limacompressor* ini akan direncanakan dengan memilih beberapa metode yang disesuaikan dengan kondisi dari platform yang akan dibongkar. Dalam pemilihan metode ini, penulis melakukan studi komparasi dengan membandingkan kondisi lapangan dengan beberapa dokumen proses *decommissioning* yang memiliki kondisi lingkungan dan kriteria lain yang mendekati dengan kondisi pada *Limacompressor Platform*.

4. 2. 1. Struktur *jacket*

Struktur *jacket* dari *Limacompressor Platform* ini akan dibongkar dan ditransportasikan ke darat untuk selanjutnya dilakukan proses pembersihan dan

daur ulang. Menurut aturan yang berlaku di Indonesia, kaki *jacket* dan *piles* akan dipotong menggunakan *diamond wire cutting* 5 meter dibawah *mudline* atau sejajar dengan dasar laut ketika jarak antara *mudline* dan dasar laut tidak sampai 5 meter, ini dilakukan untuk memastikan bahwa sisa struktur yang ditinggalkan tidak akan mencuat di permukaan *seabed* dan membahayakan kedepannya. Pada kasus ini akan dilakukan pemindahan struktur *jacket* secara complete removal dengan menggunakan *single lift removal* pada struktur *jacket* dengan menggunakan *Monohull Crane Vessel / Semi-Submersible Crane Vessel* untuk selanjutnya diangkut menggunakan *barge* menuju lokasi *decommissioning*.

4. 2. 2. Struktur *topside*

Struktur *topside* pada *Limacompressor Platform* memiliki konfigurasi 3 tingkat dengan berat. Struktur *topside* ini terdiri atas *cellar deck*, *main deck*, dan *upper deck*. Metode yang akan dijalankan pada proses *decommissioning topside* ini adalah memindahkan struktur *topside* ini seluruhnya menuju ke darat. Untuk metode pengangkatan struktur *jacket* sendiri akan dilakukan dengan mengangkat *topside* dari platform *limacompressor* secara parsial dengan struktur *jacket*. Sesuai dengan aturan yang berlaku di Indonesai maka instalasi *topside* akan dipisahkan dengan memotong sambungan las antara tiang pancang dengan kaki *topside*

4. 2. 3. Pipeline

Menurut aturan yang berlaku di Indonesia, kontraktor diwajibkan untuk memotong pipa penyalur diatas titik *riser bend* dengan jarak 3 meter dari dasar kaki instalasi. Selanjutnya perlu uga dilakukan penyumbatan pipa penyalur yang ditinggalkan dan ujung dari pipa penyalur akan dipendam sedalam 1 meter atau dilindungi dengan material penaman. Apabila pipa akan dipindahkan maka pipa perlu dipotong menjadi bagian-bagian kecil sepanjang 9-12 meter untuk selanjutnya dipindahkan.

4. 2. 4. Konduktor

Konduktor akan dibongkar menurut peraturan yang berlaku di Indonesia, yaitu dengan memotong konduktor 5 meter dibawah *mudline* atau sejajar dengan dasar laut apabila jarak antara *mudline* dengan dasar laut tidak mencapai 5 meter. Selanjutnya adalah memotong seluruh konduktor menjadi segmen-segmen yang memiliki panjang maksimal tiap segmennya sepanjang 12 meter.

4. 3. **Work Breakdown structure**

Dalam proses *decommissioning* struktur anjungan lepas pantai diperlukan adanya penyusunan dari rencana kerja yang terstruktur untuk menjamin proses *decommissioning* dapat dijalankan dengan terstruktur. Dalam proses *decommissioning* sendiri terdapat beberapa langkah kerja yang umum dilakukan. Berikut ini merupakan batasan kegiatan yang dilakukan dalam proses *decommissioning* (Prabowo, 2016)

a. Tahap Persiapan Struktur

- Melakukan persiapan pada platform
 - Perencanaan proyek
 - Mobilisasi/demobilisasi *workbarge*
 - Pembersihan lokasi
 - Pembersihan piping, peralatan, dan pipeline
 - Survey *seabed* dan pelepasan anoda struktur
- Melakukan Pembongkaran *Riser* dan *Pull tube cable*
 - Pemotongan dan Pembongkaran *Riser*
 - Pemotongan dan Pembongkaran *Pull Tube Cable*
- Pembongkaran peralatan di deck
 - Pembongkaran Peralatan listrik instrumentasi
 - Pembongkaran Peralatan Tangki, pompa, dan peralatan anjungan

- Persiapan Struktur
 - Pembongkaran struktur
 - Pembuatan *padeye* / titik angkat

b. Tahap Pembongkaran

- Melakukan pembongkaran Sumur
 - Memotong Konduktor casing 5 meter dibawah *seabed*
 - Mengangkat konduktor per bagian ke material *barge* dengan metode *pinning* dan *bargaining*
- Melakukan Pembongkaran Struktur Atas
 - Melakukan pemasangan alat *rigging*
 - Pemotongan struktur tiang anjungan
 - Pengangkatan *topside* keatas *barge*
- Melakukan pembongkaran *jacket*
 - Memotong kaki *jacket* 5 meter dibawah *mudline*
 - Pengangkatan *rigging* di titik angkat *jacket* atas
 - Pemotongan *jacket* dengan diamond wire cutting
 - Pemasangan *sling* dan *rigging* pada titik angkat bawah air
 - Pengangkatan *jacket* ke narge
- *seafastening* dan Transportasi me nuju darat
 - *seafastening* struktur *jacket* dan *topside*
 - Transportasi ke darat

c. Tahap Pasca Kegiatan

- Melakukan survey lapangan

4. 4. Daftar Work Task

Dalam dokumen *Safetec : Report of Risk Analysis of Decommissioning Activities* dijabarkan bahwa dalam proses pembongkaran suatu anjungan lepas pantai terdapat beberapa langkah kerja seperti yang sudah dijelaskan pada poin sebelumnya mengenai *work breakdown structure* dari data tersebut kemudian diturunkan lagi menjadi aktivitas-aktivitas yang perlu dilakukan dalam proses *decommissioning*. Berikut ini merupakan daftar pekerjaan yang perlu dilakukan dalam proses *decommissioning* beserta dengan deskripsi dari tiap aktivitas tersebut, aktivitas yang ditulis dalam tabel dibawah ini merupakan aktivitas yang operasinya berada di wilayah *offshore*,

Tabel 4.5 Daftar Aktivitas dalam proses *decommissioning* dari *Limacompressor Platform*

Aktivitas	Deskripsi
<i>Rope Access</i>	Merupakan pekerjaan yang dilakukan untuk menjangkau lokasi-lokasi yang sulit dijangkau dengan akses konvensional, proses ini akan menempatkan seorang pekerja yang dipakaikan tali pengaman untuk menjangkau lokasi yang sulit dijangkau. Aktivitas ini akan meliputi persiapan tali, dan pekerjaan dari rope access itu sendiri
<i>Lifting Operation - Platform Crane Lift</i>	Merupakan pekerjaan <i>lifting</i> standar yang digunakan untuk memindahkan barang dari atau menuju anjungan lepas pantai menggunakan <i>offshore pedestal crane</i> , dalam kasus ini biasanya barang yang diangkat memiliki bobot sekitar 50 T. Pekerjaan ini mencakup persiapan <i>lifting</i> (<i>rigging, hooking</i>), proses <i>lifting</i> dan <i>derigging</i> ,
<i>Lifting Operation - External Crane Lift</i>	Merupakan pekerjaan yang sama seperti pada proses <i>Platform crane Lift</i> , dimana barang yang akan dipindahkan merupakan barang yang berasal atau menuju platform. Perbedaan dari dua jenis kegiatan ini adalah berat dari benda yang diangkut berada pada rentang 50 T - 500 T

<i>Lifting operation - Heavy Lifts</i>	Merupakan pekerjaan <i>lifting</i> lepas pantai untuk struktur yang memiliki berat lebih dari 500 T. proses ini membutuhkan perencanaan tersendiri mengenai metode dan alat yang digunakan dalam proses <i>lifting</i> . Proses ini mencakup proses pengangkatan struktur <i>topside</i> dan <i>jacket</i>
<i>Scaffolding</i>	Meliputi aktivitas seperti mendirikan scaffolding dan memindahkan scaffolding setelah digunakan.
<i>Equipment decommissioning Operation</i>	Sand Blasting, pembuangan insulation, cleaning. Steaming, pembongkaran peralatan kelistrikan, kegiatan-kegiatan bengkel umum, dan kegiatan lain yang kebanyakan menggunakan alat-alat hand-held. Pekerjaan ini biasanya merupakan aktivitas yang berkaitan dengan <i>equipment decommissioning</i> dan memiliki kesamaan dengan pekerjaan-pekerjaan <i>maintenance</i> .
<i>Deconstruction Operation</i>	Hot and Cold cutting, Pengelasan, rigging, machinery cutting, dan pekerjaan lain yang berhubungan dengan perlengkapan yang berukuran besar ataupun struktur itu sendiri. Bahaya yang ada pada proses ini memiliki kesamaan dengan proses Konstruksi.
<i>Marine Operation</i>	Mencakup beberapa proses marine operation dengan berbagai jenis kapal dan dengan tujuan tertentu. <ol style="list-style-type: none"> 1. Standby 2. Supply 3. Anchor Handling 4. Tug 5. Diving support vessel 6. crane barge / Vessel
<i>Diving</i>	Pekerjaan ini meliputi total proses penyelaman langsung maupun melalui chamber. Proses ini meliputi pekerjaan seperti

	inspeksi, dan operasi-operasi manual yang berada dibawah air
<i>Management and Administrative Activities</i>	Meliputi berbagai jenis kegiatan kantor, operator dari control room, personel catering, dan aktivitas supervisi.
<i>Helicopter Transport</i>	Merupakan proses mentransportasikan personel maupun barang-barang tertentu menuju anjungan lepas pantai menggunakan helicopter.

(Sumber : Safetec, 2006)

4. 5. Data Kecelakaan Kerja dalam Pekerjaan Lepas Pantai

Pada bagian ini akan disajikan data kecelakaan kerja yang menyebabkan kematian pada proses pekerjaan lepas pantai yang dikeluarkan oleh International Association of Oil & Gas Producers (IOGP). data ini dikumpulkan sejak tahun 2014 hingga 2018

Tabel 4.6 Data jumlah insiden yang menyebabkan fatalitas pada tiap kategori aktivitas (2014-2018)

Activity	Number of Fatalities				
	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Construction, commissioning, decommissioning</i>	6	4	6	2	4
<i>Diving, subsea, ROV</i>	0	2	0	1	1
<i>Drilling, workover, well services</i>	16	12	6	10	12
<i>Lifting, crane, Rigging, deck Operation</i>	6	5	3	3	5
<i>Maintenance, inspection,</i>	4	3	6	6	3

<i>testing</i>					
<i>Office, warehouse, accomodation</i>	0	1	0	0	0
<i>Production operation*</i>	3	14	3	4	1
<i>Seismic / Survey</i>	1	2	1	0	1
<i>Transport</i>	8	8	25	6	4
<i>Unspecified/Others</i>	1	3	0	1	0
<i>Overall</i>	45	54	50	33	31

(Sumber : IOGP Safety Report, 2010)

4. 6. Risk Assesement

Dalam tugas akhir ini metode yang digunakan dalam penilaian risiko adalah dengan menggunakan matriks risiko yang telah dipaparkan pada bab II. Pendefinisian dari aktivitas yang memiliki risiko, probabilitas, serta tingkat severity didasarkan pada data yang didapatkan dari *IOGP Safety Report*.

Tabel 4.7 Matriks Risiko

<i>Likelihood</i>	<i>Severity Level</i>				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Keterangan gambar : Nilai risiko signifikan berada pada nilai indeks 25

Seluruh risiko yang ada nantinya akan dianalisa menggunakan skala yang telah ditetapkan untuk menentukan tingkat probabilitas dan *severity index*. Analisa level

risiko dilakukan dengan melakukan pemeringkatan berdasarkan perkalian antara indeks *severity* dan probabilitasnya.

Tabel 4.8 Penjelasan indeks *severity*

Tingkat <i>Severity</i>	Uraian	Definisi
1	Serius	Mengakibatkan Korban Jiwa ; Kerusakan Properti Parah; Kerusakan Lingkungan Jangka Panjang; Menghentikan operasional lebih dari 2 hari
2	Tinggi	Menimbulkan Cidera yang berakibat Cacat ; Kerusakan Properti Signifikan; Kerusakan Lingkungan yang melanggar standar; Menghentikan operasional 1-2 hari.
3	Medium	Cidera ringan ; kerusakan properti moderat; kerusakan lingkungan minimum; Menghentikan operasional 4-24 jam
4	Rendah	Tidak ada pekerja yang cidera ; kerusakan properti minor; tidak ada dampak lingkungan; Menghentikan operasional 4 jam
5	Minor	Tidak ada pekerja yang cedera ; tidak ada kerusakan properti dan lingkungan; masalah operasional minor

Tabel 4.9 Penjelasan Indeks *Likelihood*

Tingkat <i>Likelihood</i>	Uraian	Frekuensi Kejadian
5	<i>Frequent</i>	Berpotensi sering terjadi beberapa kali dalam setahun
4	<i>Occasional</i>	Berpotensi terjadi sekali dalam setahun
3	<i>Moderate</i>	Berpotensi terjadi dalam kejadian khusus; satu atau dua kali dalam umur fasilitas
2	<i>Unlikely</i>	Dapat terjadi; Pernah terjadi didalam sistem sejenis akan tetapi memiliki kemungkinan yang kecil untuk terjadi.
1	<i>Remote</i>	Pernah terjadi; kemungkinan besar tidak terjadi

Selanjutnya, setelah seluruh risiko dipetakan dan dianalisa kedalam matriks risiko yang ada. Nantinya tiap risiko yang ada akan dinilai dan dilakukan pemeringkatan dari tiap risiko untuk diambil risiko yang paling signifikan dapat menyebabkan fatalitas pada pekerja proyek serta mengganggu jalannya proses

decommissioning. Perlu dicatat bahwa risiko yang diranking pada tahap ini merupakan penentuan aktivitas yang memiliki risiko signifikan yang nantinya dari aktivitas ini akan ditentukan penyebab serta dampak dalam *Fault tree analysis* dan *event tree analysis*. Nilai *risk value* dihitung dengan melakukan perkalian antara Probability index dengan Severity index

$$R = P \times C$$

R : Risk Value

P : Probability Index

C : Severity Index

Tabel 4.10 Rekapitulasi Risk Value untuk menentukan tingkat risiko

Activity	Probability index (P)	Severity Index (C)	Risk Value (PxC=R)	Comment
Construction, commissioning, decommissioning	5	5	25	Significant
Diving, subsea, ROV	2	5	10	-
Drilling, workover, well services	5	5	25	Significant
Lifting, crane, Rigging, deck Operation	5	5	25	Significant
Office, warehouse, accomodation	3	5	15	-
Seismic / Survey	4	5	20	-
Transport - Water	5	5	25	Significant
Unspecified/Others	4	5	20	

Fatal Accident Rate merupakan nilai taksiran nilai kemungkinan terjadinya kejadian yang menyebabkan kematian. Dimana menurut dokumen IOGP, nilai dari Fatal Accicent Rate pada pekerjaan minyak dan gas dari tahun 2014 hingga 2018 adalah sebesar 1.264. sehingga diformulasikan FAR untuk tiap kegiatan dengan didasarkan pada rasio persentase jumlah fatalias dibandingkan dengan total fatalitas yang ada dari tahun 2014 hingga tahun 2018.

Tabel 4.11 Nilai FAR pada setiap aktivitas

Activity	% of Total Fatalities	FAR
Construction, commissioning, decommissioning	10.33	1.3E-01
Diving, subsea, ROV	1.88	2.4E-02
Drilling, workover, well services	26.29	3.3E-01
Lifting, crane, Rigging, deck Operation	10.32	1.3E-01
Office, warehouse, accomodation	0.47	5.9E-03
Seismic / Survey	2.35	3.0E-02
Transport Water; Marine Activity	23.94	3.0E-01
Unspecified/Others	2.35	3.0E-02
Overall	100	1.264

Dari hasil perhitungan *Fatal Accident Rate* tersebut dapat disimpulkan bahwa beberapa aktivitas yang memiliki tingkat risiko signifikan memiliki nilai FAR yang lebih besar dari 1.0×10^{-1} . sehingga dapat disimpulkan bahwa aktivitas-aktivitas tersebut adalah aktivitas yang memiliki tingkat risiko signifikan.

Dari hasil penilaian risiko menggunakan matriks risiko serta perhitungan FAR dari setiap aktivitas, maka dapat diketahui bahwa aktivitas yang memiliki nilai risiko signifikan adalah :

1. Aktivitas yang berhubungan dengan ***construction, commissioning, dan decommissioning.***

2. Aktivitas yang berhubungan dengan *drilling, workover, dan well services*.
3. Aktivitas yang berhubungan dengan *Lifting, crane, Rigging, deck Operation*.
4. Aktivitas yang berhubungan dengan *Transport - Water*

4. 7. Penyusunan Diagram BowTie

4. 7. 1. Bowtie Diagram 1 : Risiko pada Tahap Persiapan

Dalam diagram bowtie ini dijelaskan mengenai risiko yang ada dalam tahap persiapan pembongkaran struktur pada proses *decommissioning*.

4. 7. 1. 1. Threat Measures (Penyebab) dan *barrier*

a. Kondisi operator pelaksana yang kurang prima

- **Perekrutan pekerja yang telah terlatih dan memiliki pengalaman bekerja yang baik**

Proses perekrutan ini menjadi penting untuk dipertumbangkan karena ketika melakukan pekerjaan dengan risiko yang tinggi, diperlukan tak hanya kualitas dari pekerja namun juga pengalaman bekerja dari seorang operator. Dikarenakan pekerjaan lepas pantai memiliki kompleksitas yang memutuhkan daya tahan yang tinggi,

- **Penjadwalan Kerja yang dibuat teratur dan seimbang**

Penjadwalan dilakukan untuk memastikan seluruh pekerja berada dalam kondisi terbaik saat melakukan pekerjaannya dan memastikan bahwa seorang pekerja mendapatkan jatah istirahat yang cukup ketika telah melakukan pekerjaan dalam durasi tertentu. Durasi pekerjaan tentunya didasarkan pada tingkat risiko dan beban kerja.

b. Cuaca Buruk mengganggu proses *decommissioning*.

- **Melakukan prediksi cuaca berdasarkan data cuaca dari sumber yang akurat**

Kondisi cuaca di wilayah perairan lepas pantai dapat sangat berpengaruh terhadap pelaksanaan proses *decommissioning*. Cuaca buruk dapat memicu adanya gelombang tinggi yang tentunya sangat dihindari dalam proses ini. Sehingga adanya prediksi cuaca akan sangat berpengaruh dalam menentukan waktu pengerjaan proses *decommissioning* dimana diharapkan bahwa proses *decommissioning* dapat dilaksanakan dalam kondisi perairan yang sekondusif mungkin.

- **Menghentikan pekerjaan ketika cuaca buruk**

Cuaca merupakan kondisi atmosfer yang bersifat lokal sehingga memungkinkan adanya perubahan dalam waktu singkat. Prediksi cuaca yang telah dikeluarkan haruslah terus dievaluasi untuk menentukan kondisi cuaca yang faktual. Ketika dirasa kondisi cuaca semakin memburuk tentunya perlu untuk dilakukan penghentian pekerjaan.

c. Kecelakaan dalam proses *rope access*

- **Pekerjaan *rope-access* dilakukan oleh pekerja yang terlatih dan berpengalaman**

Dalam melaksanakan survey maupun pemasangan alat dengan menggunakan metode *rope-access* tentunya tidak bisa dilakukan oleh sembarang orang sehingga harus dilakukan oleh pekerja yang telah terlatih untuk melakukan pekerjaan tersebut, selain itu perlu dipastikan bahwa pekerja telah memiliki pengalaman yang cukup untuk melakukan pekerjaan *rope-access* pada proyek lepas pantai, karena terdapat beberapa variabel yang berbeda dengan pekerjaan yang dilakukan di darat.

- **Persiapan serta inspeksi alat yang digunakan dalam proses *rope access***

Dalam proses survey serta pemasangan alat yang berada pada daerah yang sulit dijangkau dengan tangga ataupun dengan metode konvensional lainnya diperlukan metode khusus untuk melakukan pekerjaan tersebut yang biasa dilakukan dengan menggunakan tali pengaman yang disebut *rope-access*. Proses ini tentunya memiliki tingkat risiko yang tinggi dan membutuhkan keterampilan dari sang operator. Selain keterampilan dari operator tentunya diperlukan peralatan yang memadai yang dapat menjamin pekerja terhindar dari bahaya. Peralatan ini haruslah disiapkan dan dilakukan pengecekan yang menyeluruh untuk menghindari adanya kerusakan maupun gangguan yang dapat mengurangi fungsi dari setiap alat yang digunakan.

d. Proses pembongkaran peralatan *process-engineering* yang kurang sempurna

● **Memastikan seluruh peralatan pembongkaran berada pada kondisi baik**

Peralatan-peralatan yang berhubungan dengan *process-engineering* yang digunakan untuk mengolah minyak mentah menjadi turunannya haruslah dibongkar terlebih dahulu. Pembongkaran ini haruslah dilakukan dengan efisien agar selesai tepat waktu. Untuk itu perlu dipastikan bahwa setiap peralatan berada dalam kondisi yang baik untuk digunakan.

● **Memastikan tidak ada sisa hidrokarbon pada peralatan yang telah dibongkar**

Bahaya yang terdapat pada proses pembongkaran peralatan-peralatan ini adalah adanya sisa hidrokarbon yang terdapat pada peralatan-peralatan ini, seperti pada tangki, separator dan lain sebagainya. Sisa hidrokarbon ini dapat mengakibatkan risiko lain yang lebih serius seperti pencemaran lingkungan dan kebakaran.

e. Insiden saat pembongkaran peralatan instrumentasi dan kelistrikan.

- **Mematikan generator listrik sebelum memulai proses pembongkaran peralatan**

Peralatan instrumentasi dan peralatan yang membutuhkan listrik lainnya tentunya membutuhkan sumber listrik yang harus dimatikan terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pembongkaran agar tidak menimbulkan bahaya sengatan listrik kepada para pekerja nya.

- **Mematikan proses pembongkaran dilakukan menurut prosedur yang ada**

Untuk memastikan bahwa pembongkaran dilakukan secara aman, maka perlu diperhatikan mengenai prosedur atau langkah kerja yang perlu dilakukan dalam membongkar peralatan instrumentasi. Hal ini perlu dilakukan mengingat instrumen yang terdapat dalam sebuah anjungan saling terikat satu dengan yang lainnya dan memiliki fungsi yang berbeda-beda.

f. Kecelakaan penyelam pada saat proses intervensi struktur.

- **Memastikan seluruh penyelam merupakan penyelam terlatih dan bersertifikat**

Proses penyelaman diperlukan guna untuk melakukan beberapa pekerjaan dalam proses *decommissioning*, pekerjaan seperti survei, pemasangan alat, penguatan struktur, atau bahkan pemotongan peralatan di bawah air memerlukan inspeksi langsung oleh seorang penyelam. Penyelam yang melakukan proses ini haruslah memiliki kemampuan selam yang baik serta berpengalaman dalam proses penyelaman dengan tujuan pekerjaan survei maupun kegiatan intervensi struktur. Mengingat proses-proses yang dilakukan oleh penyelam memiliki kebutuhan yang lebih spesifik dari proses penyelaman yang biasa ada.

- **Memastikan seluruh peralatan selam berada dalam kondisi baik dan siap digunakan**

Sebagai proses pekerjaan yang memiliki tingkat risiko yang tinggi. Proses penyelaman haruslah dipersiapkan secara matang agar memastikan bahwa peralatan dipersiapkan dengan baik. Terdapat dua jenis peralatan selam yang biasa dipakai pertama merupakan peralatan selam konvensional, dan yang kedua merupakan peralatan selam yang berupa *saturated chamber*.

g. Kegagalan dalam proses *lifting platform inventory* yang telah dibongkar

● **Memastikan peralatan yang digunakan untuk proses *lifting* dalam kondisi baik**

Proses *lifting* perlu dilakukan untuk mengangkat peralatan proses dan peralatan instrumentasi yang telah dibongkar sebelumnya, atau pun mengangkat objek lain yang diperlukan. Dalam proses ini perlu untuk dipastikan bahwa seluruh peralatan yang digunakan dalam proses *lifting* berada dalam kondisi baik. Proses inspeksi ini haruslah dilakukan oleh pekerja yang bertanggungjawab untuk melakukan tugas tersebut dan dilakukan sesuai dengan prosedur yang ada.

● **Memastikan objek yang diangkat memiliki beban yang sesuai dengan kapasitas peralatan dan terdistribusi dengan baik**

Risiko kecelakaan yang paling mungkin terjadi dalam proses *lifting* adalah adanya benda yang jatuh dan mengakibatkan kecelakaan yang lebih serius. Untuk itu setelah dipastikan bahwa peralatan berada dalam kondisi baik, perlu untuk melakukan pengecekan dari objek yang diangkat. Petugas yang bekerja untuk melakukan pengecekan ini haruslah memastikan bahwa setiap objek yang diangkat tidak lebih dari kapasitas *crane* yang ada, serta objek angkat ini memiliki distribusi berat serta posisi titik berat yang tepat sebelum dilakukan proses pengangkatan.

h. Kesalahan metode *engineering* di lapangan

- **Menunjuk seorang kepala operasional yang berpengalaman**

Dalam setiap pekerjaan yang dilakukan dalam proses *decommissioning* tentunya telah direncanakan sematang mungkin sesuai dengan aturan yang ada. Perencanaan ini haruslah dieksekusi dengan sebaik mungkin oleh para petugas di lapangan agar menjamin bahwa pelaksanaan proses pembongkaran dapat dilakukan dengan lancar dan tanpa adanya kendala berarti. Untuk itu perlu ditunjuk satu orang kepala operator yang memiliki pengalaman yang cukup sebagai *Person in Charge (PIC)* dalam setiap proses yang dilakukan. Fungsi dari PIC ini adalah untuk menerjemahkan rencana dan desain *engineering* yang ada untuk selanjutnya dieksekusi.

- **Memastikan seluruh pekerja melakukan pekerjaan sesuai prosedur yang ada**

Selain menerjemahkan desain yang akan dijalankan, seorang kepala operasional juga bertugas untuk memastikan bahwa setiap pekerja yang dia bawahi melakukan tugasnya sesuai dengan metode yang ada, dan sesuai dengan arahan dari seorang kepala operasional.

i. Kebocoran gas berbahaya

- **Melakukan pemantauan *Abandonment Well***

Sumur minyak yang sudah ditinggalkan dan telah ditutup oleh *well barrier* masih harus terus dipantau perkembangannya selama *conductor* belum dipotong untuk memastikan tidak ada kebocoran yang dapat mengakibatkan bahaya. Salah satu bahaya yang mungkin terjadi adalah adanya rekahan yang menyebabkan naiknya gas berbahaya

- **Memasang alat pendeteksi gas berbahaya**

Alat pendeteksi gas berbahaya haruslah dipersiapkan untuk mengantisipasi hadirnya gas berbahaya. Alat pendeteksi ini tentunya

menjadi metode proteksi dini sebagai tanda bahaya untuk selanjutnya dapat ditangani dengan prosedur keselamatan yang ada.

j. Peralatan mengalami kerusakan karena proses maintenance yang tidak baik

- **Menunjuk seorang kepala operasional untuk menjalankan fungsi maintenance**

Untuk mempermudah alur koordinasi, perlu dipilih seorang kepala operasional yang bertugas untuk menjalankan fungsi *maintenance*. Seorang kepala operasional ini haruslah memiliki pengalaman dalam bidang *maintenance* peralatan, mengingat banyaknya peralatan yang digunakan dalam proses *decommissioning* ini.

- **Menjalankan program pemeliharaan peralatan sesuai dengan manual peralatan**

maintenance peralatan menjadi sangat penting untuk dilakukan dikarenakan banyaknya peralatan permesinan yang digunakan. *maintenance* dapat meliputi proses inspeksi dan testing dari setiap peralatan. Peralatan haruslah diuji kemampuannya dalam menjalankan fungsinya sebelum digunakan. Seorang kepala operasional haruslah menjadi penanggung jawab utama yang memastikan bahwa proses *maintenance* peralatan dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang ada.

- **Mempersiapkan suku cadang sesuai dengan kebutuhan setiap peralatan**

Komponen suku cadang dari setiap peralatan memiliki *durability* yang berbeda-beda, sehingga perlu dipersiapkan suku cadang untuk setiap komponen sesuai dengan estimasi kebutuhan sekaligus cadangannya ketika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.

k. Pekerja tidak siap dengan kondisi bahaya yang terjadi

- **Melakukan pelatihan K3 kepada setiap operator**

Pelatihan K3 menjadi pelatihan dasar yang harus dilaksanakan oleh setiap personel yang ada di lapangan. Setiap personel haruslah memiliki kesadaran akan keselamatan kerja serta memahami dasar-dasar dari tindakan penyelamatan diri ketika terjadi kondisi berbahaya

- **Melakukan *Safety Induction* sebelum memulai suatu pekerjaan**

Safety Induction menjadi penting untuk dijelaskan kepada setiap personel yang akan melaksanakan pekerjaan untuk memastikan bahwa setiap pekerja memiliki pemahaman mengenai kondisi berbahaya yang mungkin terjadi selama proses pekerjaan yang akan dilaksanakan. *Safety Induction* ini juga bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada setiap pekerja mengenai tindakan yang harus dilakukan ketika terjadi kondisi bahaya serta mengenai *Escape & Evacuation Route (EET)*

- **Melakukan proses analisa risiko yang menyeluruh pada setiap aktivitas berbahaya**

Analisa risiko perlu dilakukan secara detail dan pada setiap pekerjaan untuk memastikan bahwa setiap risiko bahaya yang mungkin timbul telah dipetakan *barriernya* untuk mencegah suatu kondisi berbahaya terjadi serta mengurangi dampak yang mungkin ditimbulkan dari kondisi bahaya tersebut

- **Memasang Alarm peringatan bahaya**

Alarm peringatan bahaya menjadi penting untuk menjadi sinyal utama yang menjadi alat komunikasi bagi setiap personel untuk melakukan tindakan perlindungan diri. Alarm peringatan bahaya merupakan sebuah bahasa penyampaian pesan yang perlu diatur menurut level bahaya yang terjadi.

4. 7. 1. 2. Consequences dan *barrier*

a. Pekerja mengalami kecelakaan yang menyebabkan kematian

- **Penerapan budaya K3 pada setiap pekerja**

Penerapan budaya K3 pada setiap pekerja bertujuan untuk memastikan bahwa setiap pekerja memahami tindakan dan prosedur yang harus dilakukan ketika terjadi suatu kondisi bahaya. Ketika terjadi suatu bahaya yang mengancam maka akan dilakukan prosedur keselamatan yang telah dijelaskan pada saat *safety induction*.

- **Adanya zonasi wilayah pekerjaan berbahaya dan rute evakuasi**

Pada saat proses *decommissioning*, perlu dilakukan zonasi wilayah pekerjaan yang memiliki tingkat bahaya tertentu. Zonasi ini menuntut setiap personel untuk mempersiapkan diri dan peralatan keselamatan sesuai dengan bahaya yang mungkin terjadi.

- **Penggunaan alat pelindung diri (APD) untuk perlindungan terakhir dari bahaya**

Alat pelindung diri menjadi proteksi terakhir pekerja dari bahaya yang terjadi. Penggunaan Alat pelindung diri ini haruslah disesuaikan dengan standar dan kebutuhan tiap proses pekerjaan.

b. Jadwal proses decommissioning terhambat akibat adanya peralatan yang mengalami kerusakan

- **Melakukan perbaikan alat dan pergantian suku cadang ketika terjadi masalah**

Ketika peralatan mengalami kerusakan yang fatal, maka perlu dilakukan pergantian suku cadang dan komponen-komponen yang bermasalah. Untuk itu perlu disiapkan suku cadang dari setiap peralatan sesuai dengan kebutuhan

- **Melakukan pergantian alat yang bermasalah**

Setiap peralatan memiliki durabilitas yang berbeda-beda serta kondisi kerusakan dari peralatan yang terjadi memiliki tingkat kerusakan yang berbeda. Ketika terjadi kerusakan yang signifikan terhadap suatu peralatan, maka perlu dilakukan penggantian dari setiap peralatan yang ada. Penggantian ini tentunya akan sangat bergantung pada ketersediaan alat yang ada.

c. Pekerja tersengat listrik saat proses pembongkaran peralatan listrik dan instrumentasi

- **Melakukan inspeksi terakhir setelah dilakukan pembongkaran peralatan listrik dan instrumentasi**

Pada saat pembongkaran peralatan listrik dan instrumentasi telah selesai dilakukan, maka perlu dilakukan inspeksi terakhir untuk memastikan bahwa tidak ada kabel maupun sumber listrik lain yang belum ditutup secara sempurna. Inspeksi ini dilakukan sebelum menghidupkan kembali sumber listrik utama ketika akan melanjutkan proses *decommissioning* yang lain, dimana proses tersebut membutuhkan sumber listrik dari generator utama

- **Penggunaan pakaian pelindung diri yang bersifat isolator listrik**

Ketika *barrier* pertama gagal dilakukan, dan terjadi kegagalan maka perlu dipastikan bahwa setiap pekerja menggunakan alat pelindung diri yang bersifat isolator, agar ketika terjadi konduksi listrik saat generator utama dihidupkan, pekerja tidak tersengat oleh listrik.

- **Mematikan sumber listrik ketika terjadi kendala**

Ketika diketahui bahwa terjadi konduksi listrik akibat kurang sempurnanya proses pembongkaran dan inspeksi, maka generator utama perlu untuk dimatikan kembali untuk selanjutnya dilakukan pengecekan ulang sumber-sumber yang menyebabkan adanya konduksi listrik agar pekerja tidak tersengat oleh listrik ataupun menimbulkan percikan api

d. Limbah minyak mengakibatkan kebakaran

- **Memastikan setiap peralatan proses telah dibersihkan secara baik**

Sisa hidrokarbon dapat berasal dari peralatan pengolahan pengolahan minyak maupun sistem *piping* yang dibongkar. Untuk itu perlu dipastikan bahwa setiap peralatan yang telah dibongkar telah bersih dari sisa-sisa hidrokarbon

- **Menjauhkan peralatan yang masih mengandung hidrokarbon dari kemungkinan tersambar percikan api**

Peralatan yang mengandung hidrokarbon haruslah dijauhkan dari daerah yang memungkinkan terjadinya percikan api dengan prinsip segitiga api.

e. Pekerja tertimpa benda jatuh

- **Zonasi wilayah berbahaya pada saat proses lifting**

Pada saat proses *lifting* perlu dilakukan zonasi wilayah berbahaya yang menjadi wilayah pergerakan dari objek yang sedang diangkat.

- **Pembuatan struktur pelindung apabila terdapat suatu pekerjaan di wilayah berbahaya**

Bahaya yang paling mungkin terjadi pada saat proses *lifting* adalah adanya benda yang terjatuh dari ketinggian, untuk itu perlu adanya struktur pelindung yang mampu melindungi pekerja dari risiko tertimp benda yang jatuh ketika terdapat pekerjaan yang berada di zona berbahaya.

- **Penggunaan alat pelindung diri**

Ketika barier pertama dan kedua mengalami kegagalan, maka penggunaan alat pelindung diri menjadi penting untuk digunakan. APD ini akan menjadi pelindung terakhir pekerja dari risiko kecelakaan. APD ini haruslah sesuai dengan standar.

f. Terdapat pencemaran lingkungan akibat pembersihan minyak yang kurang baik

- **Memastikan peralatan dan komponen yang telah dibongkar, dibersihkan secara total.**

Setelah seluruh peralatan proses pengolahan minyak maupun peralatan perpipaan dibongkar perlu untuk dipastikan bahwa tidak ada sisa hidrokarbon yang dapat mencemari lingkungan

- **Apabila terjadi kebocoran hidrokarbon maka dilakukan intervensi seperlunya**

Pada peralatan yang tidak memungkinkan untuk dibongkar dalam kondisi bersih, maupun peralatan yang masih mengandung hidrokarbon maka perlu dilakukan pengecekan ada atau tidaknya kebocoran ruang penyimpanan. Ketika terdapat kebocoran maka dilakukan proses penutupan kebocoran seperlunya.

g. Pekerja terjatuh dari ketinggian

- **Melakukan prosedur keselamatan pada saat terjadi kondisi bahaya**

Pada proses pengerjaan di atas ketinggian, terdapat kondisi tertentu dimana pekerjaan tidak dapat dilakukan. Sebagai contoh ketika cuaca memburuk secara tiba-tiba maka perlu dilakukan prosedur keselamatan untuk menghentikan proses pekerjaan

- **Penggunaan tali pengaman ganda pada pekerjaan di ketinggian ataupun pada proses *rope-access***

Pada proses pekerjaan di atas ketinggian, diperlukan adanya tali cadangan untuk menjaga agar setiap personel aman dari bahaya. Tali cadangan ini akan berfungsi ketika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan seperti pekerja jatuh dari ketinggian maupun pada proses *rope-access* terjadi masalah pada tali pengaman utama

h. *Lost of assets* pada saat proses *lifting*

- **Melakukan *re-assesement* pada saat proses *lifting* mengalami kendala**

Dalam proses *lifting*, masalah yang mungkin terjadi adalah objek yang diangkat berada dalam posisi yang kurang pas. Untuk itu ketika posisi objek yang diangkat berada dalam posisi yang membahayakan, perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap desain maupun peralatan yang digunakan.

- **Melakukan modifikasi dan *re-design* proses *lifting***

Ketika masalah pada proses *lifting* terletak pada desain *engineering* proses *lifting*, maka perlu dilakukan proses modifikasi dan melakukan desain ulang agar proses *lifting* dapat berjalan dengan aman dan tidak menimbulkan bahaya yang lebih serius.

4. 7. 2. Bowtie Diagram 2 : Risiko pada Tahap Pembongkaran

Dalam diagram Bowtie yang kedua ini akan ditampilkan diagram pada saat proses pembongkaran struktur pada proses *decommissioning*.

4. 7. 2. 1. Threat Measures (Penyebab) dan *barrier*

a. Cuaca buruk mengganggu proses *lifting*

- **Melakukan prediksi cuaca berdasarkan data cuaca dari sumber yang akurat**

Kondisi cuaca di wilayah perairan lepas pantai dapat sangat berpengaruh terhadap pelaksanaan proses *decommissioning*. Cuaca buruk dapat memicu adanya gelombang tinggi yang tentunya sangat dihindari dalam proses ini. Sehingga adanya prediksi cuaca akan sangat berpengaruh dalam menentukan waktu pengerjaan proses *decommissioning* dimana diharapkan bahwa proses *decommissioning* dapat dilaksanakan dalam kondisi perairan yang sekondusif mungkin.

- **Melakukan Pemantauan cuaca secara *real-time***

Sebagai variabel kondisi lokal, diperlukan adanya pemantauan insitu secara *real-time* untuk menentukan kondisi cuaca. Pemantauan ini berfungsi untuk menentukan kelayakan kondisi lingkungan untuk melanjutkan proses *decommissioning*.

- **Menghentikan pekerjaan ketika cuaca buruk**

Cuaca merupakan kondisi atmosfer yang bersifat lokal sehingga memungkinkan adanya perubahan dalam waktu singkat. Prediksi cuaca yang telah dikeluarkan haruslah terus dievaluasi untuk menentukan kondisi cuaca yang faktual. Ketika dirasa kondisi cuaca semakin memburuk tentunya perlu untuk dilakukan penghentian pekerjaan.

b. Kerusakan alat pemotong

- **Melakukan pengawasan proses pemotongan**

Dalam tahap pembongkaran terdapat beberapa proses pemotongan yang berada di atas permukaan air maupun berada di bawah permukaan air. Proses pemotongan ini menjadi salah satu proses yang paling penting dalam proses pembongkaran struktur. Proses pemotongan ini meliputi proses pemotongan sambungan antara *jacket* dan deck, lalu pemotongan kaki *jacket* serta pemotongan conductor. Oleh karena itu perlu untuk dilakukan pemantauan selama proses pemotongan untuk memastikan tidak ada peralatan yang mengalami kerusakan

- **Memastikan pemotongan dilakukan sesuai prosedur**

Setiap peralatan memiliki spesifikasi dan prosedur tersendiri. Oleh karena itu perlu dipastikan bahwa proses pemotongan dilakukan sesuai dengan kegunaan dan spesifikasi dari peralatan yang ada.

c. Kerusakan BOP akibat kesalahan pemotongan Conductor

- **Melakukan pemotongan Konduktor sesuai dengan metode engineering yang direncanakan.**

Setelah sumur minyak ditutup, perlu untuk dipasang *BOP (Blow Out Preventer)* yang terkoneksi dengan konduktor. Sehingga pada proses pemotongan konduktor haruslah dilakukan sesuai dengan metode *engineering* yang ada agar tidak terjadi kerusakan pada BOP akibat pemotongan konduktor yang tidak tepat.

- **Melakukan pengecekan BOP setelah proses pemotongan konduktor selesai**

Setelah proses pemotongan selesai, maka perlu dilakukan pengecekan terhadap kondisi BOP, pengecekan ini dilakukan untuk memastikan bahwa BOP tetap berada pada posisinya dan berfungsi sebagaimana mestinya. Selain itu perlu dilakukan pengecekan ada atau tidaknya kebocoran minyak pada BOP.

d. Kesalahan desain *engineering* untuk proses *lifting*

- **Melakukan proses pengambilan data desain yang akurat**

Dalam proses *decommissioning* terdapat perbedaan antara kondisi pembebanan biasa dengan kondisi pembebanan pada saat *top-side* maupun *jacket* diangkat. Pada tahap sebelumnya telah dilakukan pembongkaran peralatan-peralatan dengan tujuan keselamatan dan kemudahan proses selanjutnya. Adanya perbedaan konfigurasi struktur dan pembebanan haruslah dipertimbangkan pada saat proses desain.

- **Proses perencanaan proses *lifting* dilakukan oleh pihak yang berpengalaman**

Proses *lifting* merupakan bagian yang paling vital pada saat proses *decommissioning*. Oleh karena itu, proses desain *engineering* dari proses *lifting* haruslah dilakukan oleh pihak yang memiliki kemampuan yang

mumpuni serta memiliki pengalaman dalam mengerjakan desain *engineering* dari proses *lifting*.

- **Desain engineering yang telah dibuat telah disetujui oleh otoritas terkait**

Desain yang telah dibuat haruslah direview dan disetujui oleh otoritas yang bertanggung jawab. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh desain yang telah direncanakan sesuai dengan kondisi lapangan serta standar teknis yang ada.

e. **Kegagalan proses *load-in* keatas barge**

- **Memastikan barge yang digunakan untuk mengangkut struktur berada dalam kondisi siap untuk menerima beban**

Dalam proses *load-in* struktur, *barge* akan *diballast* untuk menyeimbangkan kondisi *barge* agar tetap stabil. air ballast akan dipompa kedalam compartment yang ada dilambung kapal sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Untuk itu perlu adanya desain yang matang dalam proses perencanaan *load-in*. Pada saat melakukan proses *ballasting*, perlu dilakukan pengawasan proses untuk memastikan kesesuaian antara desain ballast dengan kondisi lapangan

- **Melakukan komunikasi antara operator crane dengan operator yang berada di atas barge untuk memastikan posisi struktur**

Setelah memastikan bahwa *barge* siap untuk menerima beban, selanjutnya adalah melakukan proses *fiting* objek yang diangkat dengan konfigurasi *seafastening* yang ada. Untuk memastikan bahwa objek yang akan diangkat berada pada posisi yang tepat, perlu adanya komunikasi antara operator *crane* dengan operator yang ada diatas *barge*.

f. **Kegagalan *sea-fastening* struktur yang telah di *load-in***

- **Proses desain konfigurasi *seafastening* dilakukan oleh pihak yang berpengalaman**

Setelah struktur yang dibongkar berada di atas *barge*, maka perlu dilakukan proses *seafastening* untuk memastikan bahwa struktur yang telah dibongkar tetap berada di posisinya selama proses transportasi. Untuk memastikan bahwa desain *seafastening* layak digunakan, maka proses desain haruslah dilakukan oleh pihak yang memiliki pengalaman yang cukup. Penetapan *level of experience* ini penting untuk dilakukan mengingat pekerjaan *seafastening* akan sangat berpengaruh terhadap proses transportasi struktur menuju darat.

- **Konfigurasi *seafastening* telah disetujui oleh pihak *Marine Warranty Surveyor***

Marine Warranty Surveyor (MWS) merupakan pihak ketiga yang menjadi kepanjangan tangan dari owner. MWS akan melakukan analisa ulang terhadap desain yang telah dibuat oleh konsultan untuk nantinya melakukan *approval* desain.

- **Memastikan kondisi lapangan telah sesuai dengan desain yang direncanakan**

Setelah desain yang dibuat oleh pihak konsultan disetujui, maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses inspeksi terhadap konfigurasi *seafastening* yang ada di lapangan. Inspeksi ini bertujuan untuk memastikan bahwa eksekusi di lapangan sesuai dengan desain yang direncanakan.

g. **Crane barge untuk proses *heavy lifting* tidak stabil**

- **Melakukan proses desain dan pemodelan proses *lifting* telah sesuai dengan kondisi lapangan**

Sebelum melakukan proses *heavy lifting*, maka perlu dilakukan proses desain dan pemodelan proses *heavy lifting*. Proses ini haruslah

dilakukan oleh pihak yang berpengalaman untuk menjamin bahwa desain *engineering* yang dibuat layak untuk digunakan dan sesuai dengan standar teknis yang ada.

- **Melakukan proses *ballasting* pada *crane barge* sesuai dengan desain yang ada**

Pada proses *heavy-lifting*, proses *ballasting* diperlukan untuk membuat *crane barge* tetap stabil pada saat proses *lifting* hingga load-in. *ballasting* ini dilakukan sesuai dengan kebutuhan dari gaya penyeimbang yang telah didesain sebelumnya. Air ballast akan dipompa ke dalam *compartement* yang ada, sesuai dengan desain dan kebutuhan. Proses *ballasting* haruslah terus diawasi agar tetap berada pada kondisi yang diharapkan

h. *Mooring line* dari *support vessel* mengalami masalah

- **Proses design dan pemodelan *station keeping* dilakukan oleh pihak yang berpengalaman**

Terdapat beberapa *support vessel* yang digunakan pada saat proses *decommissioning* ini. Untuk itu perlu untuk dilakukan proses desain *station keeping* dari setiap kapal yang ada, agar setiap kapal tetap berada di posisinya dan tidak saling bertabrakan dan agar kapal dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Proses desain *station keeping* ini haruslah dilakukan oleh pihak yang memiliki *level of experience* yang sudah baik agar proses desain yang dibuat sesuai dengan aturan dan standar yang ada.

- **Melakukan validasi desain dengan kondisi praktik lapangan**

Setelah melakukan proses desain *engineering* nya, selanjutnya adalah melakukan validasi dengan kondisi praktik lapangan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa variabel-variabel teknis yang telah di desain dilaksanakan dilaksanakan secara menyeluruh. Variabel yang biasanya

terdapat pada *mooring line* adalah panjang tali, *line on bottom*, serta *pre-tension*.

i. Miss-communication antar operator

● **Memastikan setiap operator berbicara dalam satu bahasa yang sama**

Dalam proses pekerjaan *decommissioning* dimungkinkan adanya pihak kedua maupun pihak ketiga yang berasal dari berbagai negara, sehingga perlu dipastikan bahwa setiap pekerja berbicara dalam satu bahasa yang sama selama proses pengerjaan pembongkaran untuk menghindari kemungkinan adanya miss komunikasi.

● **Mempersiapkan peralatan komunikasi yang tahan dalam segala kondisi**

Peralatan komunikasi sangatlah penting untuk disiapkan agar proses komunikasi antar pekerja dapat berjalan dengan lancar. Terdapat banyak pekerjaan yang memerlukan proses koordinasi jarak jauh yang memerlukan peralatan komunikasi ini. Peralatan komunikasi yang digunakan haruslah handal untuk digunakan dalam segala kondisi cuaca, mengingat kondisi cuaca yang dapat berubah secara cepat di tengah laut.

j. Kesalahan metode *engineering* di lapangan

● **Menunjuk seorang kepala operasional yang berpengalaman**

Dalam setiap pekerjaan yang dilakukan dalam proses *decommissioning* tentunya telah direncanakan se matang mungkin sesuai dengan aturan yang ada. Perencanaan ini haruslah dieksekusi dengan sebaik mungkin oleh para petugas di lapangan agar menjamin bahwa pelaksanaan proses pembongkaran dapat dilakukan dengan lancar dan tanpa adanya kendala berarti. Untuk itu perlu ditunjuk satu orang kepala operator yang memiliki pengalaman yang cukup sebagai *Person in Charge (PIC)* dalam setiap proses yang dilakukan. Fungsi dari PIC ini adalah untuk

menerjemahkan rencana dan desain *engineering* yang ada untuk selanjutnya dieksekusi.

- **Memastikan seluruh pekerja melakukan pekerjaan sesuai prosedur yang ada**

Selain menerjemahkan desain yang akan dijalankan, seorang kepala operasional juga bertugas untuk memastikan bahwa setiap pekerja yang dia bawahi melakukan tugasnya sesuai dengan metode yang ada, dan sesuai dengan arahan dari seorang kepala operasional.

k. Proses *maintenance* alat tidak berjalan dengan baik

- **Menunjuk seorang kepala operasional untuk menjalankan fungsi *maintenance***

Untuk mempermudah alur koordinasi, perlu dipilih seorang kepala operasional yang bertugas untuk menjalankan fungsi *maintenance*. Seorang kepala operasional ini haruslah memiliki pengalaman dalam bidang *maintenance* peralatan, mengingat banyaknya peralatan yang digunakan dalam proses *decommissioning* ini.

- **Menjalankan program pemeliharaan peralatan sesuai dengan *manual* peralatan**

maintenance peralatan menjadi sangat penting untuk dilakukan dikarenakan banyaknya peralatan permesinan yang digunakan. *maintenance* dapat meliputi proses inspeksi dan testing dari setiap peralatan. Peralatan haruslah diuji kemampuannya dalam menjalankan fungsinya sebelum digunakan. Seorang kepala operasional haruslah menjadi penanggung jawab utama yang memastikan bahwa proses *maintenance* peralatan dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang ada.

- **Mempersiapkan suku cadang sesuai dengan kebutuhan setiap peralatan**

Komponen suku cadang dari setiap peralatan memiliki *durability* yang berbeda-beda, sehingga perlu dipersiapkan suku cadang untuk setiap

komponen sesuai dengan estimasi kebutuhan sekaligus cadangannya ketika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.

1. *Safety awareness* dari pekerja yang rendah/menurun

- **Melakukan pelatihan K3 kepada setiap operator**

Pelatihan K3 menjadi pelatihan dasar yang harus dilaksanakan oleh setiap personel yang ada di lapangan. Setiap personel haruslah memiliki kesadaran akan keselamatan kerja serta memahami dasar-dasar dari tindakan penyelamatan diri ketika terjadi kondisi berbahaya

- **Melakukan *Safety Induction* sebelum memulai suatu pekerjaan**

Safety Induction menjadi penting untuk dijelaskan kepada setiap personel yang akan melaksanakan pekerjaan untuk memastikan bahwa setiap pekerja memiliki pemahaman mengenai kondisi berbahaya yang mungkin terjadi selama proses pekerjaan yang akan dilaksanakan. *Safety Induction* ini juga bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada setiap pekerja mengenai tindakan yang harus dilakukan ketika terjadi kondisi bahaya serta mengenai *Escape & Evacuation Route (EET)*

- **Melakukan proses analisa risiko yang menyeluruh pada setiap aktivitas berbahaya**

Analisa risiko perlu dilakukan secara detail dan pada setiap pekerjaan untuk memastikan bahwa setiap risiko bahaya yang mungkin timbul telah dipetakan *barrier* nya untuk mencegah suatu kondisi berbahaya terjadi serta mengurangi dampak yang mungkin ditimbulkan dari kondisi bahaya tersebut

- **Memasang Alarm peringatan bahaya**

Alarm peringatan bahaya menjadi penting untuk menjadi sinyal utama yang menjadi alat komunikasi bagi setiap personel untuk melakukan tindakan perlindungan diri. Alarm peringatan bahaya merupakan sebuah bahasa penyampaian pesan yang perlu diatur menurut level bahaya yang terjadi.

4. 7. 2. 2. Consequences dan *barrier*

a. **Pekerja mengalami kecelakaan yang mengakibatkan kematian**

- **Penerapan budaya K3 pada setiap pekerja**

Penerapan budaya K3 pada setiap pekerja bertujuan untuk memastikan bahwa setiap pekerja memahami tindakan dan prosedur yang harus dilakukan ketika terjadi suatu kondisi bahaya. Ketika terjadi suatu bahaya yang mengancam maka akan dilakukan prosedur keselamatan yang telah dijelaskan pada saat *safety induction*.

- **Adanya zonasi wilayah pekerjaan berbahaya dan rute evakuasi**

Pada saat proses *decommissioning*, perlu dilakukan zonasi wilayah pekerjaan yang memiliki tingkat bahaya tertentu. Zonasi ini menuntut setiap personel untuk mempersiapkan diri dan peralatan keselamatan sesuai dengan bahaya yang mungkin terjadi.

- **Penggunaan alat pelindung diri (APD) untuk perlindungan terakhir dari bahaya**

Alat pelindung diri menjadi proteksi terakhir pekerja dari bahaya yang terjadi. Penggunaan Alat pelindung diri ini haruslah disesuaikan dengan standar dan kebutuhan tiap proses pekerjaan.

b. ***Lost of assets* saat proses *lifting* hingga *load-in***

- **Melakukan *re-assesment* kondisi *lifting* dan *load-in***

Ketika terjadi kendala pada saat proses *lifting* dan *load-in* maka dilakukan proses penilaian ulang terhadap kondisi *lifting* dan *load-in*. Penilaian kondisi ini dilakukan untuk menentukan langkah teknis yang akan digunakan untuk membuat kondisi *lifting* dan *load-in* kembali aman.

- **Melakukan proses rekayasa dan *re-design* proses *lifting* dan *load-in***

Setelah dilakukan penilaian dan inspeksi pada proses *lifting* dan *load-in* yang bermasalah, selanjutnya adalah melakukan proses desain ulang dari konfigurasi *lifting* serta melakukan rekayasa teknis guna membuat proses *lifting* dan *load-in* kembali aman

c. *Lost of assets* saat proses *seafastening*

- **Melakukan *re-assesment* kondisi *seafastening***

Setelah dilakukan proses *seafastening*, maka dilakukan proses inspeksi pada konfigurasi *seafastening* yang telah dipasang. Setelah itu dilakukan beberapa pengujian kekuatan untuk memastikan bahwa struktur tidak mengalami pergerakan yang tidak diinginkan.

- **Melakukan proses rekayasa dan *re-design* proses *seafastening***

Ketika struktur yang diangkat masih bergerak ataupun kesimpulan dari proses sebelumnya menyatakan bahwa konfigurasi *seafastening* belum cukup kuat, maka perlu dilakukan proses *redesign* dari konfigurasi *seafastening*. Proses *redesign* ini bertujuan untuk menambah kekuatan dari konfigurasi yang telah ada.

d. Pekerja tertimpa benda jatuh

- **Zonasi wilayah berbahaya pada saat proses *lifting***

Pada saat proses *lifting* perlu dilakukan zonasi wilayah berbahaya yang menjadi wilayah pergerakan dari objek yang sedang diangkat.

- **Pembuatan struktur pelindung apabila terdapat suatu pekerjaan di wilayah berbahaya**

Bahaya yang paling mungkin terjadi pada saat proses *lifting* adalah adanya benda yang terjatuh dari ketinggian, untuk itu perlu adanya struktur pelindung yang mampu melindungi pekerja dari risiko tertimp benda yang jatuh ketika terdapat pekerjaan yang berada di zona berbahaya.

- **Penggunaan alat pelindung diri**

Ketika *barrier* pertama dan kedua mengalami kegagalan, maka penggunaan alat pelindung diri menjadi penting untuk digunakan. APD ini akan menjadi pelindung terakhir pekerja dari risiko kecelakaan. APD ini haruslah sesuai dengan standar.

e. *Support vessel* mengalami *adrift* yang menyebabkan kapal bergerak tidak terkendali

- **Melakukan *re-assesement* kondisi *mooring line* pada saat kondisi *damage***

Ketika kondisi *mooring line* mengalami kerusakan maka dapat menyebabkan *support vessel* menjadi bergerak tidak beraturan. Ketika terjadi kerusakan pada *mooring line*, maka perlu dilakukan penilaian ulang kondisi *mooring line* dalam kondisi *damage condition* untuk menentukan langkah teknis yang perlu diambil selanjutnya.

- **Melakukan pemasangan kembali *mooring line* yang terputus**

Ketika kondisi kerusakan yang terjadi telah dianalisa, maka perlu dilakukan mekanisme pemasangan ulang *mooring line* yang mengalami kerusakan. Sementara *mooring line* belum dipasang maka perlu dilakukan proses *station keeping* dengan memanfaatkan propulsi eksternal dengan menggunakan *tug boat* untuk menjaga agar struktur tetap berada pada posisinya.

f. Tabrakan antar kapal atau pun Tabrakan antara kapal dengan struktur

- **Melakukan pengendalian kapal dengan menggunakan propulsi internal maupun eksternal**

Ketika mekanisme *station keeping* yang dilakukan mengalami kerusakan, maka perlu dilakukan pengendalian sementara dengan menggunakan propulsi internal dari setiap kapal ketika memungkinkan

ataupun menggunakan propulsi eksternal dengan menggunakan *tug boat* pada *barge* yang tidak memiliki propulsi internal

- **Pengaplikasian *fender* untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan dari tabrakan**

Fender dapat diaplikasikan pada sisi-sisi kapal untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh tabrakan. Pengaplikasian *fender* ini tentunya menjadi perlindungan yang kurang efektif dan hanya menjadi perlindungan terakhir yang bersifat sementara.

g. *Support vessel* mengalami kebocoran hingga tenggelam

- **Melakukan inspeksi badan kapal ketika terjadi kebocoran akibat tabrakan**

Ketika terjadi tabrakan pada *support vessel*, maka akan dilakukan proses inspeksi untuk mengecek apakah terjadi kebocoran pada lambung kapal. Ketika terjadi kebocoran pada lambung kapal, maka perlu dilakukan proses penilaian kondisi struktur untuk menentukan langkah teknis yang diperlukan untuk mengembalikan kondisi kapal.

- **Melakukan *ballasting* kapal untuk membuat posisi kapal kembali *even keel***

Ketika telah dilakukan inspeksi dan terdapat kebocoran, maka langkah pertama yang perlu diambil adalah proses *ballasting* dan *de-ballasting* untuk mengembalikan posisi kapal kembali *even-keel*.

h. *Crane Barge* tidak stabil hingga mengakibatkan *Crane Barge* tenggelam

- **Melakukan *re-assesement* kondisi *crane barge* yang tidak stabil**

Pada saat kondisi *crane barge* tidak stabil, maka dilakukan penilaian terhadap kondisi *barge*, penilaian ini bertujuan untuk menentukan

langkah teknis yang akan dilakukan untuk memperbaiki kondisi dari *barge* yang mengalami kondisi yang tidak stabil.

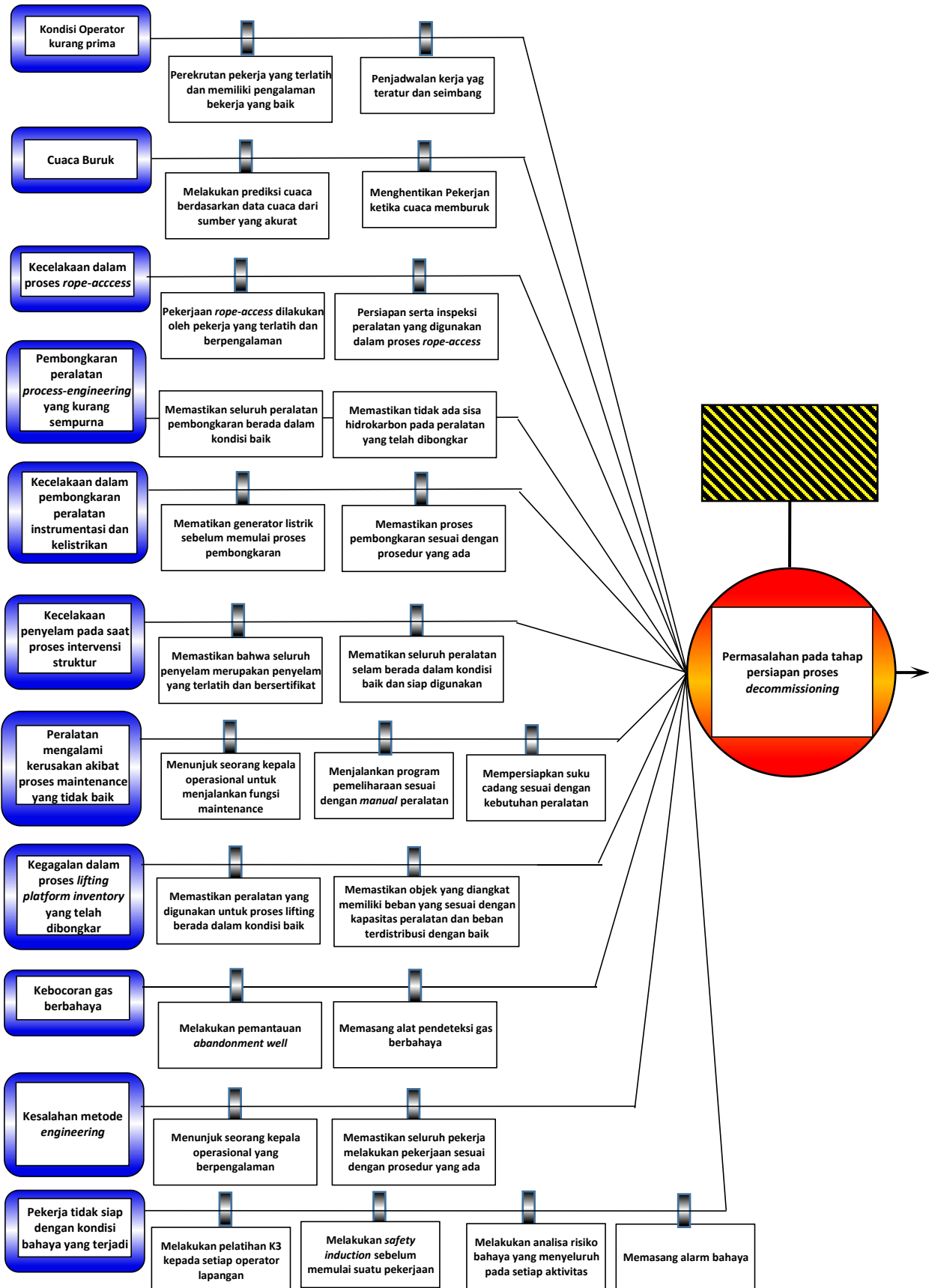
- **Melakukan *ballasting* pada *crane barge* untuk membuat posisi kapal kembali stabil**

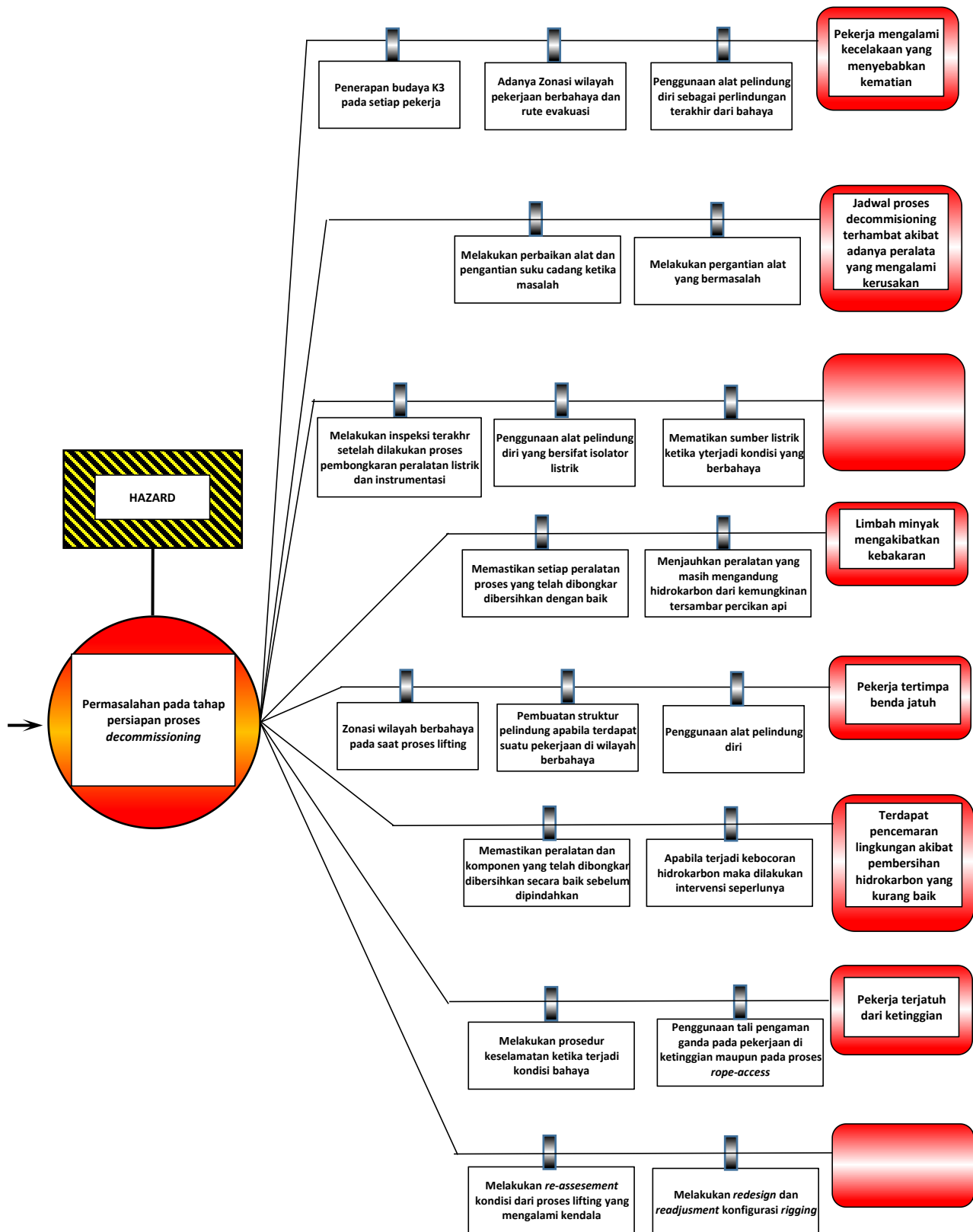
Setelah melakukan penilaian terhadap kondisi struktur, maka selanjutnya dilakukan adalah proses *ballasting* dan *de-ballasting* untuk menyesuaikan dengan pembebanan yang diterima oleh struktur agar proses *lifting* dapat berjalan dengan aman.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

4. 8. Diagram Bow-Tie

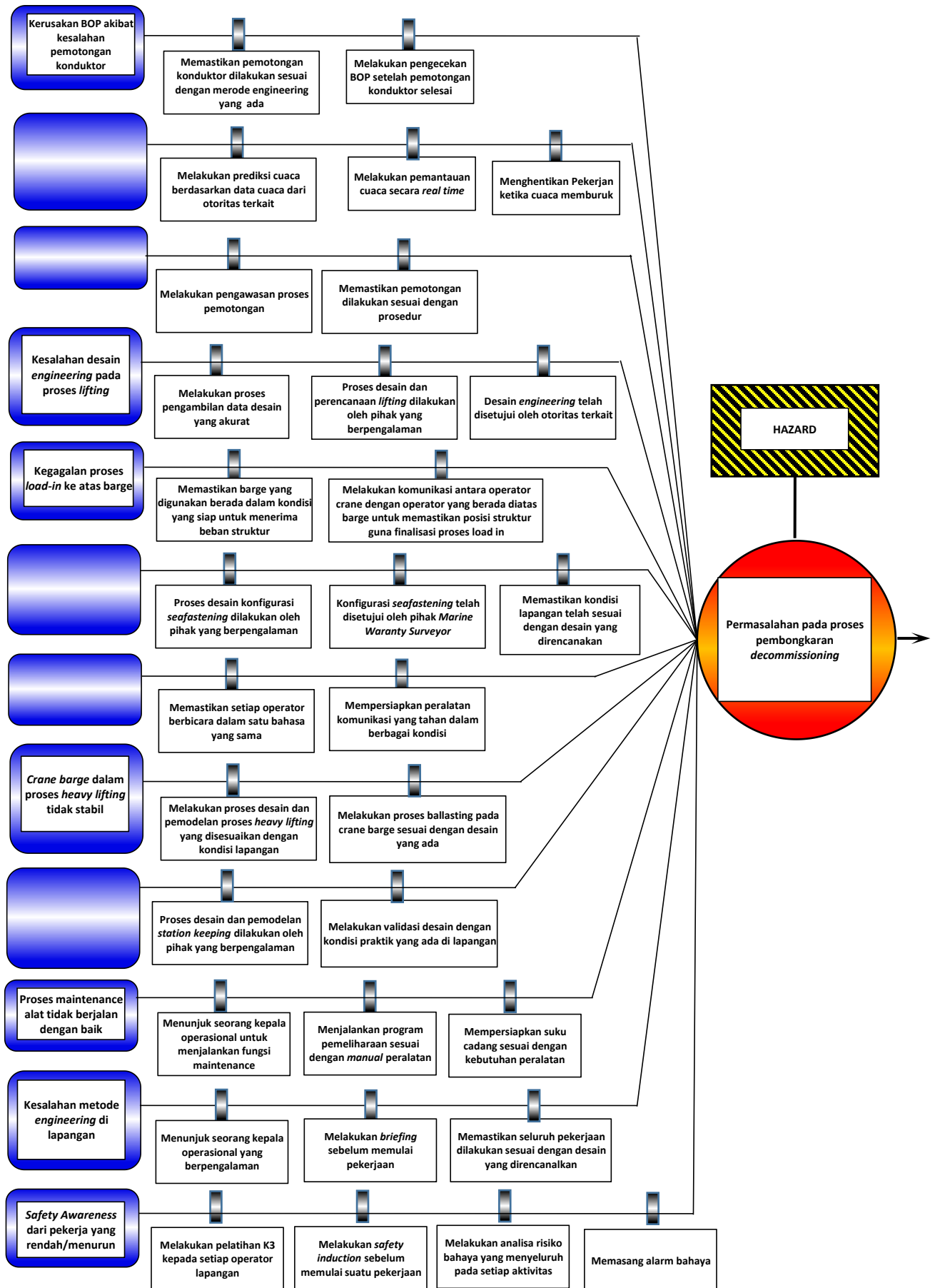
4. 8. 1. Diagram BowTie 1 : Risiko pada tahap Persiapan

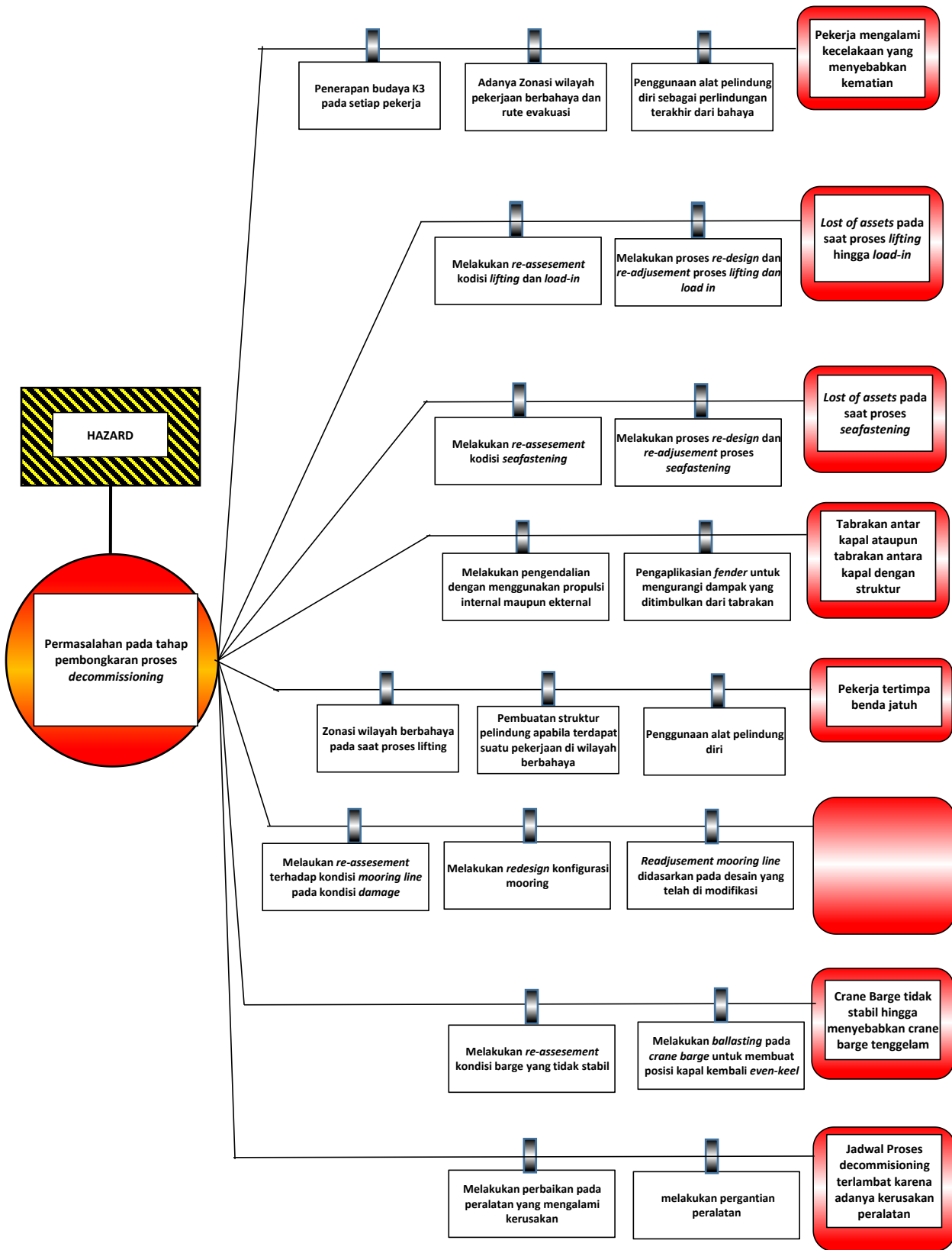




Gambar 4.3 Diagram Bowtie berdasarkan masalah pada lingkup tahap persiapan proses decommissioning (Halaman 76-77)

4.8.2. Diagram BowTie 2 : Risiko pada tahap Pembongkaran





Gambar 4.3 Diagram Bowtie berdasarkan masalah pada lingkup tahap pembongkaran proses decommissioning (Halaman 78-79)

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian pada tugas akhir ini, dapat ditarik kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang ada sebagai berikut :

1. Aktivitas yang memiliki tingkat risiko signifikan adalah sebagai berikut :
 - a) Aktivitas yang berhubungan dengan proses **construction**, *commissioning*, dan *decommissioning*
 - b) Aktivitas yang berhubungan dengan proses *drilling*, *workover*, dan **well services**.
 - c) Aktivitas yang berhubungan dengan **lifting**, *crane*, *rigging*, *deck operation*
 - d) Aktivitas yang berhubungan dengan **Transport - Water; Including Marine Activity**.
2. Penyebab (*Threat Measure*) dari risiko signifikan pada setiap tahapan dalam proses *decommissioning* adalah sebagai berikut :
 - a) *Threat Measure* pada tahap Persiapan proses *decommissioning*
 - i. Kondisi operator pelaksana kurang prima
 - ii. Cuaca Buruk mengganggu proses *decommissioning*
 - iii. Kecelakaan dalam proses *rope access*
 - iv. Proses pembongkaran peralatan *process-engineering* yang kurang sempurna
 - v. Insiden saat pembongkaran peralatan instrumentasi dan kelistrikan.
 - vi. Kecelakaan penyelam pada saat proses intervensi struktur.
 - vii. Kegagalan dalam proses *lifting platform inventory* yang telah dibongkar
 - viii. Kesalahan metode *engineering* di lapangan
 - ix. Peralatan mengalami kerusakan karena proses *maintenance* yang tidak baik
 - x. Pekerja tidak siap dengan kondisi bahaya yang terjadi
 - b) *Threat Measure* pada tahap Pembongkaran proses *decommissioning*

- i. Cuaca buruk mengganggu proses *decommissioning*
- ii. Kerusakan alat pemotong
- iii. Kerusakan BOP akibat kesalahan pada pemotongan konduktor
- iv. Kesalahan desain *engineering* untuk proses *lifting*
- v. Kegagalan proses *load-in* keatas *barge*
- vi. Kegagalan *sea-fastening* struktur yang telah di *load-in*
- vii. *Crane barge* untuk proses *heavy lifting* tidak stabil
- viii. *Mooring line* dari *support vessel* mengalami masalah
- ix. Kesalahan metode *engineering* di lapangan
- x. Proses *maintenance* alat tidak berjalan dengan baik
- xi. *Safety awareness* dari pekerja yang rendah/menurun

3. Dampak (*Consequences*) dari risiko signifikan pada setiap tahapan dalam proses *decommissioning* adalah sebagai berikut :

- a) *Consequences* pada tahap Persiapan proses *decommissioning*.
 - i. Pekerja mengalami kecelakaan yang menyebabkan kematian
 - ii. Jadwal proses *decommissioning* terhambat akibat adanya peralatan yang mengalami kerusakan
 - iii. Pekerja tersengat listrik saat proses pembongkaran peralatan listrik dan instrumentasi
 - iv. Limbah minyak mengakibatkan kebakaran
 - v. Pekerja tertimpa benda jatuh
 - vi. Terdapat pencemaran lingkungan akibat pembersihan minyak yang kurang baik
 - vii. Pekerja terjatuh dari ketinggian
 - viii. *Lost of assets* pada saat proses *lifting platform inventory*.

- b) *Consequences* pada tahap Pembongkaran proses *decommissioning*
 - i. Pekerja mengalami kecelakaan yang mengakibatkan kematian
 - ii. *Lost of assets* saat proses *lifting* hingga *load-in*
 - iii. *Lost of assets* saat proses *seafastening*
 - iv. Pekerja tertimpa benda jatuh
 - v. *Support vessel* mengalami *adrift* yang menyebabkan kapal bergerak tidak terkendali
 - vi. Tabrakan antar kapal atau pun Tabrakan antara kapal dengan struktur
 - vii. *Crane Barge* tidak stabil hingga mengakibatkan *Crane Barge* tenggelam

4. Pengendalian risiko proses *decommissioning* dilakukan dengan menggunakan metode analisa menggunakan diagram *bowtie*. Proses pengendalian risiko ini akan menampilkan *barrier* pada penyebab (*threat*) dan dampak (*consequences*). diagram *bowtie* ini dapat dilihat pada gambar 4.2 dan gambar 4.3

4.2. Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan sebagai masukan untuk langkah kedepan yang dapat diambil untuk memperbaiki dan menyempurnakan penelitian tugas akhir yang telah penulis susun adalah :

1. Penulis menyarankan penggunaan metode *bow-tie* dalam melakukan proses analisa risiko mengingat metode ini merupakan metode diagramatis yang mudah untuk dipahami dan memudahkan eksekusi di lapangan.
2. Proses analisa sebaiknya dilakukan dengan lebih detail pada setiap langkah kerja yang dilakukan. Pembagian proses *decommissioning* dapat diperkecil lagi untuk memberikan tingkat detail analisa yang lebih baik untuk penelitian selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Arianti, E. Ghofur, A. (2019). Teknologi *decommissioning* Anjungan Lepas Pantai Terpancang Pasca Operasi. *Jurnal Inovtek POLBENG Vol. 9 No. 2*
- Dewi, Y. P. (2017). *Pemilihan Metode Pemotongan Kaki jacket pada Proses Pembongkaran (Decommissioning) : Studi Kasus Attaka H Platform di Selat Makassar*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.
- Guntara, R. (2018). *Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan Bowtie Analysis pada Proyek Moorin Chain Replacment pada Production Barge "SEAGOOD 101"*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.
- Internasional Maritime Organization (IMO). 1989. *Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installations and structures on the Continental Shelf and in the Exclusive Economic Zone*. IMO Publishing, United Kingdom.
- International Oil & Gas Producers (IOGP). 2018. *Safety Performance Indicators - 2018 Data*
- Joint Industri Project. (2006). *Safetec : Main Report Risk Analysis of Decommissioning Programe*
- Masykur, M. I, (2015). *Analisis Risiko Kegagalan Struktur Fixed jacket Platform dalam Kondisi Damaged Condition*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.
- Parente, V. (2005). Offshore *decommissioning* issues: Deductibility and transferability. *Energy Policy 34 (2006) 1992-2001 Elsavier Inc.*
- Prabowo, A. Wiguna, I. P. A (2016)., Analisa Pembongkaran Anjungan Lepas Pantai di"ABC" Company dengan Metode F.M.E.A. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIV*
- Purnawarman, F. D., 2016. *Fakta tentang Offshore Decommissioning Indonesia*. 3rd IndoDecomm in Oil and Gas
- Rafiq, A. F, (2019). *Identifikasi Bahaya dan Analisa Risiko dalam Pemilihan Metode Pembongkaran Anjungan Lepas Pantai: Studi Kasus Bukit Tua Platform*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.

- Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1 Tahun 2011 Tentang Pedoman Teknik Pembongkaran Instalasi Lepas Pantai Minyak dan Gas Bumi, Sekretariat Negara. Jakarta*
- Saputra, T, (2017). *Analisa Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Alternatif DRE (Dismantlement, Repair, and Engineering) Pada Pembongkaran Anjungan lepas Pantai*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.
- Setiarini, K. P, (2017). *Analisa Tegangan Ultimate Pada Struktur Platform Terpancang Akibat Beban Runtuh (Studi Kasus L-Com Well Platform*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.
- Setyani, N. (2018). *Amalisis Risiko Keterlambatan Perbaikan Kapal Tanker dengan Metode Bowtie Analysis*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.
- Setyaningrum, E. (2019). *Analisis Risiko Pemasangan Kebel Bawah Laut Antara Landing Point Pangkalan Susu dan Pulau Sembilan, Langkat, Sumatra Utara*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.
- United Nation, 1982. *United Nation Convention of the Law at The Sea (UNCLOS)*. Montego Bay
- Veroza, W. B. (2017). *Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Spazio Tower II Menggunakan Metode Bowtie*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS.
- Wong, W., 2010. *The Risk Management of Safety and Dependability*. Boston. Woodhead Publishing Limited.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di kota Boyolali pada 31 Maret 1998 dengan nama lengkap Arif Windiargo. Penulis adalah anak pertama dari tiga bersaudara yang lahir dari pasangan suami istri Suntoro dan Winarsih. Pendidikan formal penulis dimulai pada saat masuk ke TK Pertiwi Marsudi Siwi Kembang pada tahun 2002 dan dilanjutkan TK Aisyiah Ampel pada tahun 2003-2004 selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SD Muhammadiyah PK Ampel pada tahun 2005-2010. setelah menyelesaikan pendidikan dasar penulis melanjutkan sekolah di SMP Negeri 1 Ampel pada 2011-2013 dilanjutkan dengan masuk ke SMA Negeri 1 Salatiga pada tahun 2013-2016. setelah menyelesaikan pendidikan menengah, penulis lantas mendaftarkan diri untuk masuk ke perguruan tinggi dimana penulis mendaftar ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dimana penulis diterima lewat jalur SNMPTN di Departemen Teknik Kelautan ITS angkatan 2016. Selama kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan dan organisasi dimana penulis pernah aktif sebagai OC ITS Mengajar for Indonesia serta aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan dengan posisi terakhir sebagai Ketua pada tahun kepengurusan 2019. pada tahun 2019 penulis menjalani program magang di PT. Independent Marine and Engineering Consultant (IMEC). sebagai penutup masa perkuliahnya, penulis mengerjakan tugas akhir dengan judul “**Analisis Risiko Proses Decommissioning : Studi Kasus Lima-Compressor Platform**”. Segala kritik, saran, dan pertanyaan dapat disampaikan kepada penulis melalui email arif.windiargo@gmail.com.