



BAB 5

IDENTIFIKASI DAN ANALISIS PEMBAHASAN

5.1. Identifikasi Risiko Metode FMEA

Metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan dan dampak dari suatu pekerjaan. Penyelesaian dari metode ini berfokus pada tingkat keparahan, kejadian dan deteksi dari suatu pekerjaan. Setiap variabel risiko kecelakaan kerja menggunakan metode ini untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, penyebab kegagalan serta dampak yang terjadi. Nilai *risk priority number* (RPN) dihitung untuk mengetahui pekerjaan yang memiliki risiko tinggi dalam pelaksanaan proyek. Identifikasi ini dilakukan dengan cara menyebarkan survei kuesioner kepada beberapa responden yang telah ditentukan. Pengisian survei ini dilakukan oleh beberapa responden yang memiliki pengalaman dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Aktivitas pekerjaan yang memiliki nilai *risk priority number* (RPN) kritis dan RPN tertinggi merupakan pekerjaan yang memiliki risiko besar dan memerlukan penanganan lebih lanjut. RPN kritis adalah nilai RPN yang lebih besar dari pada RPN rata – rata.

Proses pengisian nilai pada setiap variabel risiko dilakukan responden dengan menggunakan skala penelitian yang telah disediakan. Terdapat tiga skala yang digunakan yaitu skala keparahan (*severity*), skala kejadian (*occurrence*) dan skala deteksi (*detection*) dengan setiap penilaian terdiri dari skala 1-10. Skala dimaksudkan untuk memudahkan responden dalam pengisian angket kuesioner. Tahapan yang dilakukan untuk mengidentifikasi risiko berdasarkan skala penilaian yaitu dengan identifikasi tingkat keparahan, identifikasi tingkat kejadian, identifikasi tingkat deteksi. Setelah melakukan identifikasi selanjutnya melakukan penilaian variabel risiko dan dilakukan perhitungan.

5.1.1. Identifikasi tingkat keparahan (*severity*)

Tingkat keparahan digunakan sebagai penilaian terhadap tingkat keseriusan dari efek atau dampak yang ditimbulkan dari setiap risiko kegagalan yang terjadi selama



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

pelaksanaan proyek. Kriteria dari skala tingkat keparahan yang digunakan dalam penelitian ini menampilkan dampak keparahan yang terjadi dan akibat luka akibat potensi risiko kecelakaan kerja seperti kematian, luka berat, luka ringan, dan terkilir. Skala keparahan (*severity*) diperlihatkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Skala Keparahannya (*Severity*)

Tingkat	Dampak	Akibat Luka
10	Kehilangan nyawa atau merubah kehidupan individu	Kematian beberapa individu (masal, lebih dari 1)
9		Kematian individu (seseorang)
8		Perlu perawatan serius dan menimbulkan cacat permanen
7	Berdampak besar pada individu sehingga tidak ikut lagi dalam aktivitas	Dirawat lebih dari 12 jam, dengan luka pecah pembuluh darah, hilang ingatan hebat, kerugian besar, dll
6		Dirawat lebih dari 12 jam, patah tulang, tulang bergeser, radang dingin, luka bakar, susah bernafas dan lupa ingatan sementara, jatuh/terpeleset
5	Dampak yang diterima sedang (individu hanya 1 sampai 2 hari tidak ikut dalam aktivitas)	Keseleo/terkilir, retak/patah ringan, keram atau kejang
4		Luka bakar ringan, luka gores/tersayat, frosnip (radang dingin/panas)
3	Dampak diterima kecil (individu masih dapat ikut dalam aktivitas)	Melepuh, tersengat panas, keseleo ringan, tergelincir atau terpeleset ringan
2		Tersengat matahari, memar, teriris ringan, tergores
1	Tidak berdampak (individu tidak mendapat dampak yang terasa)	Terkena serpihan, tersengat serangga, tergigit serangga

(Sumber: Diolah dari Sugiantara dan Basuki, 2019)

5.1.2. Identifikasi tingkat kejadian (*occurrence*)

Tingkat kejadian digunakan untuk mengetahui frekuensi atau seberapa sering variabel risiko kegagalan dari suatu proyek terjadi. Kriteria dari skala tingkat kejadian yang digunakan dalam penelitian ini menampilkan probabilitas kejadian dan tingkat kejadian. Skala kejadian (*occurrence*) diperlihatkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Skala Kejadian (*Occurrence*)

Tingkat	Probabilitas Kejadian	Tingkat Kejadian
10	Sangat tinggi dan tidak bisa dihindari	>1 dalam 2
9		1 dalam 3
8	Tinggi dan sering terjadi	1 dalam 8



Tingkat	Probabilitas Kejadian	Tingkat Kejadian
7		1 dalam 20
6	Sedang dan kadang terjadi	1 dalam 80
5		1 dalam 400
4	Rendah dan relatif jarang terjadi	1 dalam 2.000
3		1 dalam 15.000
2	Sangat rendah dan hampir tidak pernah terjadi	1 dalam 150.000
1		1 dalam 1.500.000

(Sumber: Diolah dari Sugiantara dan Basuki, 2019)

5.1.3. Identifikasi tingkat deteksi (*detection*)

Tingkat deteksi digunakan untuk mengukur kemampuan dalam mendeteksi atau mengontrol suatu variabel risiko kegagalan dari suatu proyek. Skala deteksi (*detection*) diperlihatkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Skala Deteksi (*Detection*)

Tingkat	Deteksi
9-10	Sangat rendah
7-8	Rendah (2 dari 10 kasus)
4-6	Sedang (5 dari 10 kasus)
3	Tinggi (terdeteksi ketika proses berlangsung) (6-7 dari 10 kasus)
2	Sangat tinggi (ditemukan ketika kegagalan telah terjadi saat proses berlangsung)
1	Kejadian pasti terjadi dan telah diketahui penyebabnya (9 dari 10 kasus)

(Sumber: Diolah dari Sugiantara dan Basuki, 2019)

5.1.4. Perhitungan nilai *risk priority number* (RPN)

Perhitungan nilai RPN dilakukan dengan menggunakan hasil survei kuesioner. Nilai risiko didapatkan dari hasil pengisian kuesioner pada tabel keparahan (*severity*), kejadian (*occurrence*) dan deteksi (*detection*). Dalam penelitian ini, pengisian survei kuesioner dilakukan oleh 5 (lima) responden yaitu *project manager*, *HSE manager*, *HSE coordinator*, *HSE officer* dan *supervisor*. Setelah pengisian survei kuesioner dilakukan, didapatkan hasil penilaian oleh responden berdasarkan kriteria penilaian yang telah diberikan. Hasil survei kuesioner diperlihatkan pada Lamiran LA-8. Nilai risiko kecelakaan kerja yang ditampilkan dalam Tabel 5.4 merupakan hasil pengolahan nilai rata – rata survei kuesioner lima responden dengan cara mengalikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

Tabel 5.4. Hasil Olah Data Risiko Kecelakaan Kerja Proyek

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	AVERAGE			RPN	RPN TOTAL
			HAZARD	SEVERITY	OCCURRENCE		
1	<i>Yard Specific Activities</i>						
1.1	<i>Topside/Jacket/Subsea Structure Critical & Heavy Lifting</i>	<i>Un-proper rigging configuration</i>	7,8	2,8	8,4	183,46	182,28
		<i>Poor Communication</i>	7,6	3,2	8,6	209,15	
		<i>Material Counterfeit</i>	8,2	2,6	8,4	179,09	
		<i>Catch in between, struck by</i>	7,4	2,8	8,8	182,34	
		<i>Drop object</i>	7,8	2,6	8,4	170,35	
		<i>Bad weather</i>	7,4	2,6	8,8	169,31	
1.2	<i>Topside load-out with Heavy lifting Method</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	8	2,8	8,4	188,16	174,89
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	7,4	2,8	7,8	161,62	
1.3	<i>Topside load-out with Multi wheel/Dolly load out method</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	7,6	3	7,8	177,84	176,28
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	7,8	3,2	7	174,72	
1.4	<i>Jacket load-out with Heavy lifting Method</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	7,8	3	8,4	196,56	177,16
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	7,4	2,6	8,2	157,77	
1.5	<i>Topside/Jacket load-out with Multi wheel/Dolly load out method</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	7,2	3	8,8	190,08	178,88
		<i>Unstable ground</i>	7,6	2,4	9	164,16	
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	7,6	3	8	182,40	
1.6	<i>Topside/Jacket load-out with skidding method</i>	<i>Whipped by tension cable</i>	7,4	3	8,6	190,92	176,58
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	8	2,6	7,8	162,24	



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	AVERAGE			RPN	RPN TOTAL
		HAZARD	SEVERITY	OCCURRENCE	DETECTION		
1.7	Security at Yard	Brawl, riot, attack, strike	7,6	3	7,8	177,84	177,84
2	<i>Offshore Construction Routine Activities</i>						
2.1	Work on barge/Vessel	Barge/vessel loses control, drifting, stranded, collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)	6,4	4,2	8,8	236,54	200,86
		Collision with others vessel, fisherman boat	2,8	6,2	8,6	149,30	
		Brawl, riot, attack	6	4,2	8,6	216,72	
		Anchor placed/or hit at subsea structures/ pipeline	5,8	4,8	7,4	206,02	
		Fire onboard	6,8	4,4	7,4	221,41	
		Spill	4,6	5,6	6,8	175,17	
2.2	Personnel transfer at offshore	Man Over Board caused by struck by	5	4,4	8,4	184,80	174,52
		Man Over Board and drowning	4,8	4,2	7,2	145,15	
		Fall from personnel basket	5,4	3,8	8,4	172,37	
		Man Over Board during climbing boat landing or V-shape ladder	5,6	4,6	7,6	195,78	
2.3	Sea transportation	Collision with others vessel, fisherman boat	5,8	5	7,6	220,40	176,28
		Collision with the installation facilities (offshore platforms sea lines, jackets, etc.)	5,6	3,6	7,2	145,15	
		Man Over Board, drowning	5,4	4,2	7,2	163,30	
2.4	Working above water	Man Over Board, drowning	5,2	5	8	208,00	176,05
		Man Over Board from/ with scaffolding	4,8	4,6	7	154,56	



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	AVERAGE			RPN	RPN TOTAL
			HAZARD	SEVERITY	OCCURRENCE		
		<i>Man Over Board struck by</i>	5	4,6	7,2	165,60	
2.5	<i>Loading/unloading</i>	<i>Accidental release of pollutant to sea</i>	5,4	4,4	7,2	171,07	171,07
2.6	<i>Working in remote area/Lone working</i>	<i>Medivac constraint, distance from shore, weather/sea condition</i>	5,4	4,6	7	173,88	173,88
2.7	<i>Handling/Lifting</i>	<i>Catch in between, struck by</i>	4,6	4,4	7	141,68	179,60
		<i>Drop object</i>	5,4	4,8	6,2	160,70	
		<i>Crane Collapse</i>	5,4	5	6,6	178,20	
		<i>Un-proper ballasting system/Vessel unstable</i>	5,4	5	7,6	205,20	
		<i>Bad weather</i>	5,4	4,4	7,6	180,58	
		<i>Boom crane collide with existing facilities</i>	5,6	4,6	8,2	211,23	
2.8	<i>Mooring/Anchoring</i>	<i>Hit existing facilities</i>	5,2	4,6	7,2	172,22	180,19
		<i>Pinch Point</i>	5	5,2	7,2	187,20	
		<i>Uncontrolled mooring line</i>	5,2	4,4	7,4	169,31	
		<i>Broke, snapback mooring/anchor line</i>	5	5	7,4	185,00	
		<i>Winch engine failed</i>	5	5,2	7,2	187,20	
2.9	<i>Bunkering</i>	<i>Pinch Point</i>	5,2	5	7,4	192,40	179,57
		<i>Collision</i>	5,6	4,6	7	180,32	
		<i>Spill</i>	4,2	5,2	7,6	165,98	
3	<i>Towing of Jacket, Topsides & Oppurtunance with Barge</i>						
3.1	<i>Towing</i>	<i>Collision with others vessel</i>	7,6	3,2	8	194,56	175,59
		<i>Collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)</i>	7,4	2,8	7,8	161,62	



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	AVERAGE			RPN	RPN TOTAL
			HAZARD	SEVERITY	OCCURRENCE		
		<i>Security threat / Piracy</i>	7,6	3	7,2	164,16	
		<i>Bad weather</i>	7,4	3	8,2	182,04	
4	<i>Jackets & Topsides Installation</i>						
4.1	<i>Jacket and Topsides Critical & Heavy lifting</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	7,8	4,2	7,6	248,98	248,98
4.2	<i>Diving operation</i>	<i>Diver disorientation</i>	7,4	3,2	7,8	184,70	187,27
		<i>Diver fatigue, panic, stress</i>	7,4	3,2	8,2	194,18	
		<i>Hit by equipment/material/moving vessel</i>	7,6	3,6	8,2	224,35	
		<i>Pinch by material</i>	7,8	3,2	8,8	219,65	
		<i>Leaking bail out cylinder, Umbilical entanglement</i>	7,8	2,4	8,2	153,50	
		<i>Wave generated from vessel passing</i>	7,8	3,2	8,2	204,67	
		<i>Wild animal</i>	7,6	2,2	8,2	137,10	
4.3	<i>Piling operation</i>	<i>Failure in pile driving</i>	7,4	2,8	7,4	153,33	153,59
		<i>Shallow gas, explosion, fire</i>	7,4	2,8	7,4	153,33	
		<i>Expose noise /vibration to animal surround (mammal, etc)</i>	7,6	2,6	7,8	154,13	
5	<i>Riser Installation (modification in existing facilities)</i>						
5.1	<i>Riser Heavy Lifting</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	7,2	4	6,6	190,08	190,08
5.2	<i>ROV operation</i>	<i>Disengage of ROV, equipment loss</i>	7,4	3,2	8	189,44	177,76
		<i>Electric shock during onboard preparation</i>	7,2	3	8,2	177,12	
		<i>Falling Object to ROV</i>	7,8	3,2	7,8	194,69	



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	AVERAGE			RPN	RPN TOTAL
		HAZARD	SEVERITY	OCCURRENCE	DETECTION		
		<i>Bad weather</i>	7,2	2,8	8,2	165,31	
		<i>Moving object, Uncontrolled/ Unauthorized vessel/ boat movement</i>	7,8	2,6	8	162,24	
5.3	<i>SIMOPS with production</i>	<i>Fire, explosion</i>	7,8	3,2	7,6	189,70	174,65
		<i>Spill</i>	7	3	7,6	159,60	
5.4	<i>Welding, cutting grinding</i>	<i>Electric shock</i>	6,7	5	7,6	253,33	229,31
		<i>Explosion, fire</i>	6,3	4,2	7,8	205,30	
6	<i>Topsides Hook-Up</i>						
6.1	<i>Critical & Heavy lifting</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	7,4	3,4	7,2	181,15	181,15
6.2	<i>MPFM Radioactive source installation</i>	<i>Irradiation</i>	7,6	3,2	7,4	179,97	179,97
6.3	<i>SIMOPS with drilling</i>	<i>Fire, explosion</i>	6,8	3,6	6,8	166,46	171,12
		<i>Spill</i>	7	3,6	7	176,40	
		<i>Man Over Board</i>	7,4	3,6	6,4	170,50	
7	<i>Sealine Installation</i>						
7.1	<i>Transportation of pipeline</i>	<i>Collision with others vessel, fisherman boat</i>	7,8	3,6	8	224,64	185,35
		<i>Barge / vessel lose control, drifting, stranded, collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)</i>	7,8	2,8	7	152,88	
		<i>Security thread/Piracy</i>	7,6	3,4	7,2	186,05	
		<i>Spill</i>	7,6	3	7,8	177,84	
7.2	<i>Hydrotest/Pigging/Leak Test</i>	<i>Accidental release of pollutant to sea</i>	7,4	2,6	8,8	169,31	180,13



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	AVERAGE			RPN	RPN TOTAL
			HAZARD	SEVERITY	OCCURRENCE		
		<i>Burst, struck by, energy released</i>	7,2	3,4	7,8	190,94	
7.3	<i>Field Joint Coating</i>	<i>Fire, explosion</i>	7,6	3,4	8,2	211,89	179,83
		<i>Pollution</i>	7,6	3	7,8	177,84	
		<i>Toxic, dust inhale</i>	7,8	2,4	8	149,76	
7.4	<i>Pipe laying activity</i>	<i>Tensioner failure, stinger broken, sheave block failure</i>	7,4	2,6	7,8	150,07	187,90
		<i>Struck by moving pipe</i>	7,6	3	7,4	168,72	
		<i>Uncontrolled release of pipe, uncontrolled cable movement</i>	7,8	3,4	7,2	190,94	
		<i>Bad Weather</i>	7,8	2,8	8	174,72	
		<i>Anchor failure</i>	8,6	3,2	8	220,16	
		<i>Collision to other facilities due to drifting</i>	7,8	3,4	8,4	222,77	



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

Hasil perhitungan menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada Tabel 5.4 didapatkan beberapa pekerjaan yang memiliki nilai RPN kritis (nilai RPN lebih tinggi dari nilai RPN rata – rata). Nilai RPN digunakan untuk menentukan jenis pekerjaan yang memiliki nilai RPN kritis. Pekerjaan tersebut diidentifikasi sebagai pekerjaan yang membawa risiko dominan. Jenis pekerjaan yang diidentifikasi menggunakan nilai RPN diperlihatkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Aktivitas Pekerjaan dengan RPN Kritis

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	RPN	RANK	RPN	AVERAGE RPN	KET.
		HAZARD					
1	<i>Yard Specific Activities</i>						
1.1	<i>Topside/Jacket/Subsea Structure Critical & Heavy Lifting</i>	<i>Un-proper rigging configuration</i>	183,46	40	182,28	182,54	TIDAK KRITIS
		<i>Poor Communication</i>	209,15	14			
		<i>Material Counterfeit</i>	179,09	49			
		<i>Catch in between, struck by</i>	182,34	42			
		<i>Drop object</i>	170,35	65			
		<i>Bad weather</i>	169,31	66			
1.2	<i>Topsides load-out with Heavy lifting Method</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	188,16	33	174,89	182,54	TIDAK KRITIS
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	161,62	79			
1.3	<i>Topside load-out with Multi wheel/Dolly load out method</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	177,84	51	176,28	182,54	TIDAK KRITIS
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	174,72	58			
1.4	<i>Jacket load-out with Heavy lifting Method</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	196,56	20	177,16	182,54	TIDAK KRITIS
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	157,77	83			
1.5		<i>Equipment Mishandling</i>	190,08	29	178,88	182,54	TIDAK KRITIS



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	RPN	RANK	RPN	AVERAGE RPN	KET.
		HAZARD					
	<i>Topside/Jacket load-out with Multi wheel/Dolly load out method</i>	<i>Unstable ground</i>	164,16	74			
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	182,40	41			
1.6	<i>Topside/Jacket load-out with skidding method</i>	<i>Whipped by tension cable</i>	190,92	28	176,58		TIDAK KRITIS
		<i>Natural disaster (earthquake, tsunami, typhoon, etc)</i>	162,24	77			
1.7	<i>Security at Yard</i>	<i>Brawl, riot, attack, strike</i>	177,84	51	177,84		TIDAK KRITIS
2	<i>Offshore Construction Routine Activities</i>						
2.1	<i>Work on barge/Vessel</i>	<i>Barge/vessel loses control, drifting, stranded, collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)</i>	236,54	3	200,86	182,54	KRITIS
		<i>Collision with others vessel, fisherman boat</i>	149,30	92			
		<i>Brawl, riot, attack</i>	216,72	11			
		<i>Anchor placed/or hit at subsea structures/ pipeline</i>	206,02	16			
		<i>Fire onboard</i>	221,41	7			
		<i>Spill</i>	175,17	57			
2.2	<i>Personnel transfer at offshore</i>	<i>Man Over Board caused by struck by</i>	184,80	38	174,52		TIDAK KRITIS
		<i>Man Over Board and drowning</i>	145,15	93			
		<i>Fall from personnel basket</i>	172,37	61			
		<i>Man Over Board during climbing boat landing or V-shape ladder</i>	195,78	21			
2.3	<i>Sea transportation</i>	<i>Collision with others vessel, fisherman boat</i>	220,40	8	176,28		TIDAK KRITIS
		<i>Collision with the installation facilities (offshore platforms sea lines, jackets, etc.)</i>	145,15	93			



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	RPN	RANK	RPN	AVERAGE RPN	KET.
		HAZARD					
		<i>Man Over Board, drowning</i>	163,30	76			
2.4	<i>Working above water</i>	<i>Man Over Board, drowning</i>	208,00	15	176,05		TIDAK KRITIS
		<i>Man Over Board from/ with scaffolding</i>	154,56	84			
		<i>Man Over Board struck by</i>	165,60	72			
2.5	<i>Loading/unloading</i>	<i>Accidental release of pollutant to sea</i>	171,07	63	171,07		TIDAK KRITIS
2.6	<i>Working in remote area/Lone working</i>	<i>Medivac constraint, distance from shore, weather/sea condition</i>	173,88	60	173,88		TIDAK KRITIS
2.7	<i>Handling/Lifting</i>	<i>Catch in between, struck by</i>	141,68	95	179,60		TIDAK KRITIS
		<i>Drop object</i>	160,70	81			
		<i>Crane Collapse</i>	178,20	50			
		<i>Un-proper ballasting system/Vessel unstable</i>	205,20	18			
		<i>Bad weather</i>	180,58	45			
		<i>Boom crane collide with existing facilities</i>	211,23	13			
2.8	<i>Mooring/Anchoring</i>	<i>Hit existing facilities</i>	172,22	62	180,19		TIDAK KRITIS
		<i>Pinch Point</i>	187,20	34			
		<i>Uncontrolled mooring line</i>	169,31	66			
		<i>Broke, snapback mooring/anchor line</i>	185,00	37			
		<i>Winch engine failed</i>	187,20	34			
2.9	<i>Bunkering</i>	<i>Pinch Point</i>	192,40	25	179,57		TIDAK KRITIS
		<i>Collision</i>	180,32	46			
		<i>Spill</i>	165,98	71			



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	RPN	RANK	RPN	AVERAGE RPN	KET.
		HAZARD					
3	<i>Towing of Jacket, Topsides & Oppurtunance with Barge</i>						
3.1	<i>Towing</i>	<i>Collision with others vessel</i>	194,56	23	175,59	182,54	TIDAK KRITIS
		<i>Collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)</i>	161,62	79			
		<i>Security thread / Piracy</i>	164,16	74			
		<i>Bad weather</i>	182,04	43			
4	<i>Jackets & Topsides Installation</i>						
4.1	<i>Jacket and Topsides Critical & Heavy lifting</i>	<i>Equipment Mishandling</i>	248,98	2	248,98	182,54	KRITIS
4.2	<i>Diving operation</i>	<i>Diver disorientation</i>	184,70	39	187,27		KRITIS
		<i>Diver fatigue, panic, stress</i>	194,18	24			
		<i>Hit by equipment/material/moving vessel</i>	224,35	5			
		<i>Pinch by material</i>	219,65	10			
		<i>Leaking bail out cylinder, Umbilical entanglement</i>	153,50	86			
		<i>Wave generated from vessel passing</i>	204,67	19			
		<i>Wild animal</i>	137,10	96			
		<i>Diving equipment malfunction</i>	179,97	47			
4.3	<i>Piling operation</i>	<i>Failure in pile driving</i>	153,33	87	153,59		TIDAK KRITIS
		<i>Shallow gas, explosion, fire</i>	153,33	87			
		<i>Expose noise /vibration to animal surround (mammal, etc)</i>	154,13	85			
5	<i>Riser Installation (modification in existing facilities)</i>						



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	RPN	RANK	RPN	AVERAGE RPN	KET.
		HAZARD					
5.1	Riser Heavy Lifting	Equipment Mishandling	190,08	30	190,08	182,54	KRITIS
5.2	ROV operation	Disengage of ROV, equipment loss	189,44	32	177,76		TIDAK KRITIS
		Electric shock during onboard preparation	177,12	55			
		Falling Object to ROV	194,69	22			
		Bad weather	165,31	73			
		Moving object, Uncontrolled/ Unauthorized vessel/ boat movement	162,24	77			
5.3	SIMOPS with production	Fire, explosion	189,70	31	174,65		TIDAK KRITIS
		Spill	159,60	82			
5.4	Welding, cutting grinding	Electric shock	253,33	1	229,31		KRITIS
		Explosion, fire	205,30	17			
6	Topsides Hook-Up						
6.1	Critical & Heavy lifting	Equipment Mishandling	181,15	44	181,15	182,54	TIDAK KRITIS
6.2	MPFM Radioactive source installation	Irradiation	179,97	47	179,97		TIDAK KRITIS
6.3	SIMOPS with drilling	Fire, explosion	166,46	70	171,12		TIDAK KRITIS
		Spill	176,40	56			
		Man Over Board	170,50	64			
7	Sealine Installation						
7.1		Collision with others vessel, fisherman boat	224,64	4	185,35	182,54	KRITIS



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)

NO	TASK	HAZARDS – RISKS & ACCIDENT SCENARIO	RPN	RANK	RPN	AVERAGE RPN	KET.
		HAZARD					
	Transportation of pipeline	Barge / vessel lose control, drifting, stranded, collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)	152,88	89			
		Security thread/Piracy	186,05	36			
		Spill	177,84	51			
7.2	Hydrotest/Pigging/Leak Test	Accidental release of pollutant to sea	169,31	66	180,13		TIDAK KRITIS
		Burst, struck by, energy released	190,94	26			
7.3	Field Joint Coating	Fire, explosion	211,89	12	179,83		TIDAK KRITIS
		Pollution	177,84	51			
		Toxic, dust inhale	149,76	91			
7.4	Pipe laying activity	Tensioner failure, stinger broken, sheave block failure	150,07	90	187,90		KRITIS
		Struck by moving pipe	168,72	69			
		Uncontrolled release of pipe, uncontrolled cable movement	190,94	26			
		Bad Weather	174,72	58			
		Anchor failure	220,16	9			
		Collision to other facilities due to drifting	222,77	6			



Pada Tabel 5.5 diperlihatkan terdapat beberapa jenis pekerjaan yang memiliki nilai RPN kritis. Oleh karena terdapat 7 jenis pekerjaan yang memiliki nilai RPN kritis, maka akan dipilih hanya 3 jenis pekerjaan yang memiliki nilai RPN kritis dan tertinggi. Hal ini didasari oleh penelitian terdahulu (Pasaribu, 2017), yang menguji 13 jenis pekerjaan dan hanya menentukan 1 jenis pekerjaan dari nilai RPN tertinggi sebagai hasil identifikasi risiko dominan. Pada penelitian ini terdapat 31 jenis pekerjaan dan hanya akan dipilih 3 jenis pekerjaan dengan nilai RPN kritis tertinggi. Dari 3 jenis pekerjaan tersebut, masing – masing pekerjaan akan dipilih 1 risiko berdasarkan peringkat tertinggi.

Berdasarkan Tabel 5.5, didapatkan hasil bahwa risiko dominan terjadi pada sengatan listrik, selanjutnya kegagalan peralatan dan kapal menabrak fasilitas yang sudah terpasang. Risiko tersebut akan digunakan sebagai kejadian puncak (*top event*) pada metode *fault tree analysis* (FTA). Risiko dominan dengan nilai RPN terbesar dan peringkat tertinggi selanjutnya dihubungkan dengan metode FTA untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Analisis metode FTA pada risiko dominan dilakukan untuk mengetahui penyebab utama dari terjadinya kecelakaan kerja agar selanjutnya dapat dilakukan penanganan terhadap pekerjaan – pekerjaan yang beresiko tinggi tersebut.

5.2. Analisis Sumber Risiko Metode FTA

Metode *fault tree analysis* merupakan metode yang dapat digunakan untuk mencari sumber penyebab permasalahan dari kejadian puncak proyek. Analisis dilakukan dengan melakukan penggambaran gerbang logika dimulai dari *top event* yang telah didapatkan sebelumnya dari metode *failure mode and effect analysis* untuk kemudian dicari faktor penyebab sampai mendapatkan sumber paling mendasar dari sebuah permasalahan. Penyebab kecelakaan kerja akan dibahas secara umum.

5.2.1. Menentukan kejadian puncak

Kejadian puncak (*top event*) dapat diartikan sebagai suatu kegagalan yang terjadi pada proyek dan memiliki dampak buruk terhadap pelaksanaan proyek. Kejadian puncak ditentukan berdasarkan hasil penilaian pada metode sebelumnya (FMEA).



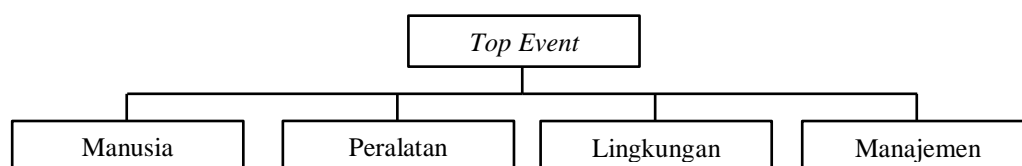
Risiko dominan yang memiliki nilai RPN terbesar dan peringkat tertinggi digunakan sebagai kejadian puncak. Pada Proyek Jumelai, North Sisi, North Nubi (JSN) didapatkan 3 (tiga) risiko dominan, sebagai berikut:

1. Terkena sengatan listrik (*electrical shock*) pada pekerjaan pengelasan, pemotongan dan pengasahan (*welding, cutting, grinding*)
2. Terjadinya kegagalan peralatan (*equipment mishandling*) pada pekerjaan instalasi struktur jaket dan geladak (*jacket and topsides installation*)
3. Tongkang/kapal kehilangan kendali, hanyut, terdampar, bertabrakan dengan fasilitas yang telah terpasang (anjungan lain, pipa dasar laut, struktur jaket) (*Barge/vessel loses control, drifting, stranded, collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)*) pada pekerjaan bekerja di tongkang atau kapal (*work on barge/vessel*)

Penyebab utama dari terjadinya kejadian puncak akan dianalisis secara lebih detail untuk dicari akar permasalahannya.

5.2.2. Menentukan faktor menengah

Penggunaan faktor menengah (*intermediate event*) dilakukan guna mengetahui sumber penyebab risiko dari suatu kejadian puncak yang akan dihubungkan dengan gerbang logika. Hasil *intermediate event* dilakukan guna menemukan faktor penyebab terjadinya risiko kecelakaan kerja dan dianalisis hingga mendapatkan penyebab dasar (*basic event*) dari kecelakaan tersebut. Setiap jenis pekerjaan, terdapat beberapa faktor penyebab yang menyebabkan kecelakaan kerja terjadi. Setiap kejadian puncak dianalisis, dicari permasalahan awal dengan menggunakan empat faktor yang berkaitan dalam pelaksanaan pekerjaan yaitu faktor manusia, peralatan, material, dan lingkungan diperlihatkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. *Intermediate Event* (Pasaribu, dkk., 2017)



Penjelasan dari faktor yang tertera pada Gambar 5.1 adalah sebagai berikut:

1. Faktor manusia

Manusia memiliki potensi menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja. Hal ini biasanya disebabkan oleh kurangnya pemahaman terkait pekerjaan yang dilakukan serta kurangnya kedisiplinan dalam mematuhi peraturan yang telah ditetapkan. Penyebab terjadinya kecelakaan kerja yang disebabkan oleh manusia yang lain yaitu terburu – buru dan kelelahan.

2. Faktor peralatan

Peralatan memiliki potensi menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja. Peralatan kerja yang tidak dirawat dan tidak dapat bekerja maksimal dapat menjadi salah satu penyebab kecelakaan kerja terjadi yang dapat membahayakan penggunaannya.

3. Faktor lingkungan

Kondisi lingkungan memiliki potensi menyebabkan terjadinya hal yang tidak diinginkan. Kondisi lingkungan yang kurang baik dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja seperti dalam hal penataan alat dan material yang kurang rapi atau tidak diletakkan pada tempatnya.

4. Faktor manajemen

Manajemen proyek yang tidak baik memiliki potensi menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja. Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya pengawasan HSE, sosialisasi dan penyuluhan terhadap pekerja yang terbatas, kurangnya komunikasi serta tidak adanya prosedur tetap yang berlaku.

5.2.3. Menentukan penyebab dasar

Penyebab dasar (*basic event*) merupakan suatu kondisi yang menyebabkan suatu risiko terjadi dan sudah tidak dapat dilakukan identifikasi lebih lanjut. Analisis tidak dapat dilakukan lebih lanjut karena telah mencapai dasar dari risiko tersebut. Penyebab dasar didapatkan setelah melakukan analisis jenis pekerjaan berdasarkan *intermediate event* dari tiga *top event* yaitu sebagai berikut:

1. Sengatan listrik (*electrical shock*)

Hasil analisis penyebab dasar (*basic event*) pada risiko sengatan listrik didapatkan yang dikategorikan berdasarkan *intermediate event*. Penyebab dasar (*basic event*)



pada risiko sengatan listrik diperlihatkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. *Basic Event* Risiko Sengatan Listrik

No	<i>Intermediate Event</i>	<i>Basic Event</i>
1	Faktor Manusia	Tidak menggunakan APD Kurang memahami metode kerja Kurang koordinasi Kurang enak badan Kurang konsentrasi Kelelahan saat bekerja
2	Faktor Peralatan	Kurang perawatan Tidak berfungsi maksimal Tidak sesuai standar
3	Faktor Lingkungan	Posisi kerja terbatas Lantai kerja licin
4	Faktor Manajemen	Kurangnya pengawasan HSE Kurangnya waktu pengawasan

2. Kegagalan peralatan (*equipment mishandling*)

Hasil analisis penyebab dasar (*basic event*) pada kegagalan peralatan didapatkan yang dikategorikan berdasarkan *intermediate event*. Penyebab dasar (*basic event*) pada kegagalan peralatan diperlihatkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7. *Basic Event* Kegagalan Peralatan

No	<i>Intermediate Event</i>	<i>Basic Event</i>
1	Faktor Manusia	Kurang hati – hati Kelelahan Tidak konsentrasi Kurang istirahat Kurang enak badan
2	Faktor Peralatan	Kurangnya inspeksi alat Tidak berfungsi maksimal Tidak sesuai standar
3	Faktor Lingkungan	Ruang gerak terbatas Cuaca buruk Kurangnya rambu keselamatan
4	Faktor Manajemen	Kurangnya pengawasan HSE Kurangnya waktu pengawasan

3. Tongkang/kapal kehilangan kendali, hanyut, terdampar, bertabrakan dengan fasilitas yang telah terpasang (anjungan lain, pipa dasar laut, struktur jaket) (*Barge/vessel loses control, drifting, stranded, collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)*)

Hasil analisis penyebab dasar (*basic event*) pada tongkang/kapal tabrakan dengan fasilitas yang telah terpasang didapatkan yang dikategorikan berdasarkan



intermediate event. Penyebab dasar (*basic event*) pada tongkang/kapal tabrakan dengan fasilitas yang telah terpasang diperlihatkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. *Basic Event* Kapal Tabrakan dengan Fasilitas yang Telah Terpasang

No	<i>Intermediate Event</i>	<i>Basic Event</i>
1	Faktor Manusia	Kurang hati – hati Kelelahan Terburu – buru Tidak konsentrasi Kurang istirahat
2	Faktor Peralatan	Kurangnya pemeliharaan alat Tidak berfungsi maksimal Tidak sesuai standar
3	Faktor Lingkungan	Cuaca buruk Kurangnya rambu keselamatan
4	Faktor Manajemen	Kurangnya pengawasan HSE Kurangnya waktu pengawasan

5.2.4. Penggambaran *fault tree analysis* (FTA)

Metode *fault tree analysis* digunakan sebagai proses analisis penyebab kecelakaan kerja yang dominan terjadi. Analisis hingga mencapai kejadian paling dasar dilakukan guna menemukan penyebab terjadinya kejadian. Kejadian dasar (*basic event*) merupakan penyebab awal terjadinya kecelakaan kerja yang diawali dari kejadian puncak (*top event*). Kejadian puncak ditentukan berdasarkan hasil analisis metode FMEA yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil analisis dari metode FMEA berupa nilai *risk priority number* (RPN).

Pekerjaan dengan nilai RPN kritis yang diperoleh dari metode FMEA digunakan untuk dianalisis penyebab terjadinya kecelakaan kerja dengan menggunakan metode FTA. Setelah kejadian puncak didapatkan dari pekerjaan proyek, langkah selanjutnya yaitu melakukan penggambaran pohon kegagalan (*fault tree*) menggunakan metode FTA. Pohon kegagalan digambarkan menggunakan gerbang logika yang digunakan sebagai penghubung antara *intermediate event* dan *basic event*. Jenis pekerjaan dengan nilai RPN kritis akan digunakan dalam penggambaran pohon kegagalan (*fault tree*) pada metode FTA.

Jenis pekerjaan yang digunakan sebagai *top event* perlu dicari upaya penanganan atau respon risiko yang sesuai karena memiliki dampak risiko yang besar bagi



pelaksanaan proyek. Respon risiko diperlukan untuk meminimalisir risiko kecelakaan kerja yang dapat terjadi. Penggunaan metode FTA dilakukan untuk mengetahui sumber penyebab terjadinya kecelakaan kerja dari suatu pekerjaan.

Dalam penggambaran pohon kegagalan (*fault tree*) digunakan beberapa simbol yang memiliki makna yang berbeda – beda. Penggambaran kejadian puncak (*top event*) terhadap jenis pekerjaan yang memiliki nilai RPN kritis diperlihatkan pada Gambar 5.2 sampai Gambar 5.4.

1. *Fault tree analysis* tongkang/kapal kehilangan kendali, hanyut, terdampar, bertabrakan dengan fasilitas yang telah terpasang (anjungan lain, pipa dasar laut, struktur jaket) (*Barge/vessel loses control, drifting, stranded, collision with the installation facilities (offshore platforms, sea lines, jackets, etc.)*)

Pada aktivitas di lepas pantai, jenis pekerjaan bekerja di tongkang atau kapal memiliki nilai RPN kritis. Terdapat beberapa jenis bahaya yang dapat terjadi pada bekerja di tongkang atau kapal. Dari beberapa bahaya dan risiko yang ada pada bekerja di tongkang atau kapal, dipilih satu kegagalan atau risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu kapal tabrakan dengan fasilitas yang telah terpasang yang dijadikan sebagai kejadian puncak (*top event*). Kejadian ini adalah pada saat tongkang atau kapal sedang berlayar dari darat ke lokasi anjungan di lepas pantai atau sebaliknya. Dampak yang mungkin ditimbulkan dari kegagalan ini yaitu merusak fasilitas yang telah terpasang atau telah ada sebelumnya seperti anjungan lain, pipa dasar laut, struktur jaket.

Top event yaitu kapal tabrakan dengan fasilitas yang telah terpasang dibuka dengan *or gate* dan selanjutnya dihubungkan dengan empat *intermediate event* yaitu faktor manusia, peralatan, lingkungan dan manajemen. Penjelasan dari penggambaran menggunakan metode FTA terhadap *top event* kapal tabrakan dengan fasilitas yang telah terpasang adalah sebagai berikut:

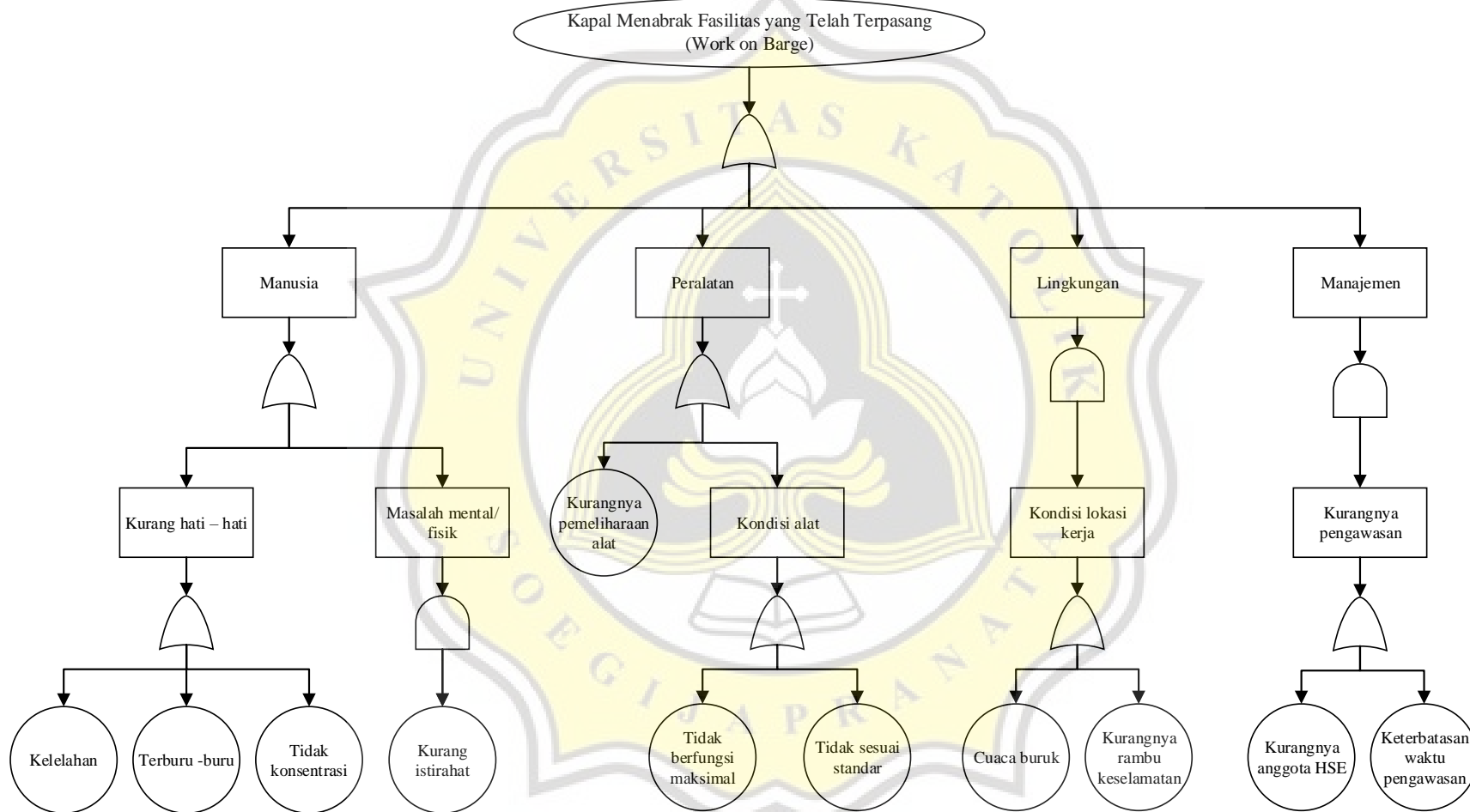
1.a. Manusia

Intermediate event faktor manusia diawali dengan membuka gerbang *or gate* kemudian dilakukan analisis dan didapatkan dua *intermediate event* tingkat 2



Tugas Akhir

Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)



Gambar 5.2. Diagram Hasil Analisis *Top Event* Metode FTA Kapal Menabrak Fasilitas yang Telah Terpasang



yaitu kurang hati – hati dan masalah mental atau fisik. Dari kedua *intermediate event* tingkat 2 ini dilakukan analisis dan didapatkan tiga *basic event* dari kurang hati – hati yaitu kelelahan, terburu – buru dan tidak konsentrasi. Sedangkan, masalah mental atau fisik didapatkan satu *basic event* yaitu kurang istirahat.

1.b. Peralatan

Intermediate event faktor peralatan diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan satu *basic event* yaitu kurangnya pemeliharaan alat dan satu *intermediate event* tingkat 2 yaitu kondisi alat. Dari *intermediate event* tingkat 2 dilakukan analisis kembali dan didapatkan dua *basic event* yaitu tidak berfungsi maksimal dan tidak sesuai standar.

1.c. Lingkungan

Intermediate event faktor lingkungan diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan satu *intermediate event* tingkat 2 yaitu kondisi lokasi kerja. Dari *intermediate event* tingkat 2 dilakukan analisis kembali dan didapatkan dua *basic event* yaitu cuaca buruk dan kurangnya rambu keselamatan.

1.d. Manajemen

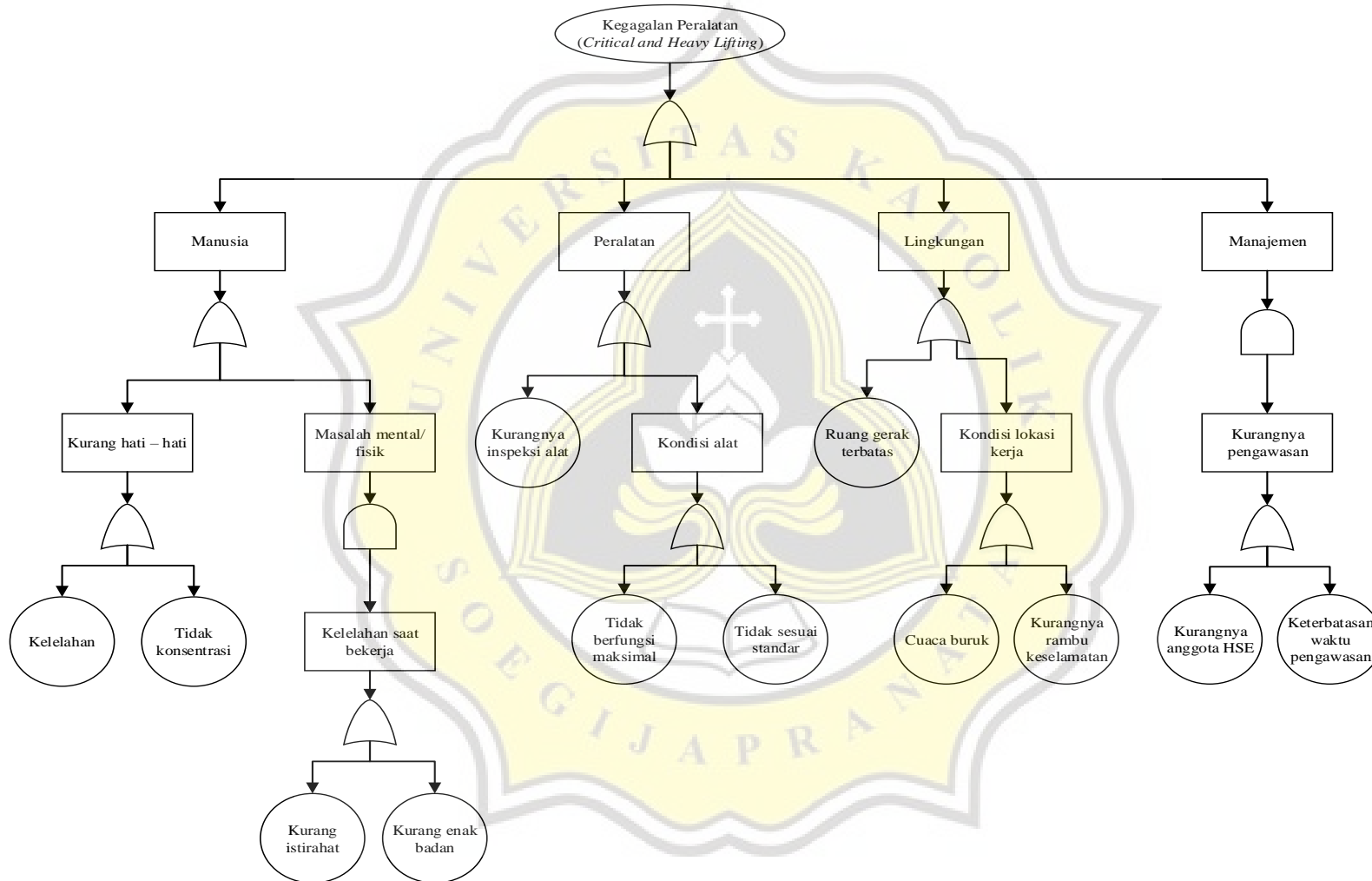
Intermediate event faktor manajemen diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan satu *intermediate event* tingkat 2 yaitu kurangnya pengawasan. Dari *intermediate event* tingkat 2 dilakukan analisis kembali dan didapatkan dua *basic event* yaitu kurangnya anggota HSE dan keterbatasan waktu pengawasan.

2. *Fault tree analysis* kegagalan peralatan (*equipment mishandling*)

Pada aktivitas instalasi struktur jaket dan geladak, jenis pekerjaan pengangkatan kritis dan berat struktur jaket dan geladak (*jacket and topside critical and heavy lifting*) memiliki nilai RPN kritis. Terdapat bahaya dan risiko yang ada pada pekerjaan pengangkatan kritis dan berat struktur jaket dan geladak, yaitu kegagalan penggunaan peralatan yang dijadikan sebagai kejadian puncak (*top event*). Kejadian ini terjadi ketika struktur jaket atau geladak diposisikan sesuai titik lokasi yang telah ditentukan setelah struktur diluncurkan dari tongkang ke perairan. Dampak yang mungkin ditimbulkan dari kegagalan ini yaitu rusaknya struktur jaket atau geladak



Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Pada Proyek X)



Gambar 5.3. Diagram Hasil Analisis *Top Event* Metode FTA Kegagalan Peralatan



yang telah dibuat, merusak fasilitas yang sudah ada (anjungan ataupun sistem pipa). *Top event* yaitu kegagalan peralatan yang telah dibuka dengan *or gate* dan selanjutnya dihubungkan dengan empat *intermediate event* yaitu faktor manusia, peralatan, lingkungan dan manajemen. Penjelasan dari penggambaran menggunakan metode FTA terhadap *top event* kegagalan peralatan adalah sebagai berikut:

2.a. Manusia

Intermediate event faktor manusia diawali dengan membuka gerbang *or gate* kemudian dilakukan analisis dan didapatkan dua *intermediate event* tingkat 2 yaitu kurang hati – hati dan masalah mental atau fisik. Dari kedua *intermediate event* tingkat 2 ini dilakukan analisis dan didapatkan dua *basic event* dari kurang hati – hati yaitu kelelahan dan tidak konsentrasi. Sedangkan dari *intermediate event* masalah mental atau fisik didapatkan sebuah *intermediate event* tingkat 3 yaitu kelelahan saat bekerja yang memiliki dua *basic event* yaitu kurang istirahat dan kurang enak badan.

2.b. Peralatan

Intermediate event faktor peralatan diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan satu *basic event* yaitu kurangnya inspeksi alat dan satu *intermediate event* tingkat 2 yaitu kondisi alat. Dari *intermediate event* tingkat 2 dilakukan analisis kembali dan didapatkan dua *basic event* yaitu tidak berfungsi maksimal dan tidak sesuai standar.

2.c. Lingkungan

Intermediate event faktor lingkungan diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan satu *basic event* yaitu ruang gerak terbatas dan satu *intermediate event* tingkat 2 yaitu kondisi lokasi kerja. Dari *intermediate event* tingkat 2 dilakukan analisis kembali dan didapatkan dua *basic event* yaitu cuaca buruk dan kurangnya rambu keselamatan.

2.d. Manajemen

Intermediate event faktor manajemen diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan satu *intermediate event* tingkat 2 yaitu kurangnya



pengawasan. Dari *intermediate event* tingkat 2 dilakukan analisis kembali dan didapatkan dua *basic event* yaitu kurangnya anggota HSE dan keterbatasan waktu pengawasan.

3. *Fault tree analysis* sengatan listrik (*electrical shock*)

Pada aktivitas instalasi *riser* (pipa pengalir minyak bumi yang letaknya menempel pada struktur jaket secara vertikal), jenis pekerjaan pengelasan, pemotongan dan pengasahan (*welding, cutting, grinding*) memiliki nilai RPN kritis. Terdapat beberapa jenis bahaya yang dapat terjadi pada pekerjaan pengelasan, pemotongan dan pengasahan. Dari beberapa bahaya dan risiko yang ada pada pekerjaan pengelasan, pemotongan dan pengasahan, dipilih satu kegagalan atau risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu sengatan listrik atau sengatan listrik yang dijadikan sebagai kejadian puncak (*top event*). Kejadian ini terjadi pada saat memotong *pile* atau kaki anjungan yang menjulang keluar dari kaki struktur jaket. Dampak yang mungkin ditimbulkan dari kegagalan ini yaitu keselamatan pekerja contohnya kesetrum atau tangan terluka.

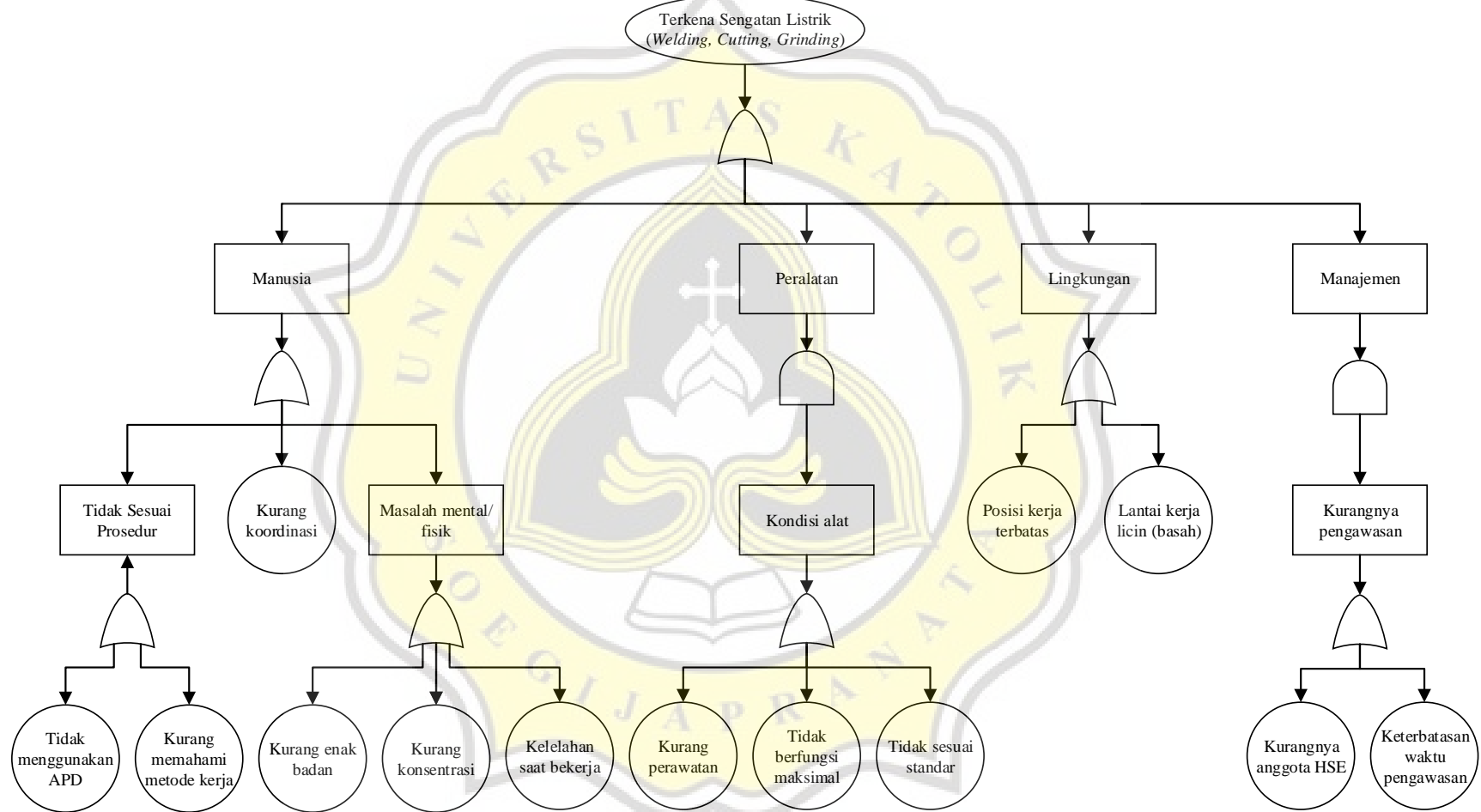
Top event yaitu sengatan listrik dibuka dengan *or gate* dan selanjutnya dihubungkan dengan empat *intermediate event* yaitu faktor manusia, peralatan, lingkungan dan manajemen. Penjelasan dari penggambaran menggunakan metode FTA terhadap *top event* sengatan listrik adalah sebagai berikut:

3.a. Manusia

Intermediate event faktor manusia diawali dengan membuka gerbang *or gate* kemudian dilakukan analisis dan didapatkan satu *basic event* yaitu kurang koordinasi dan dua *intermediate event* tingkat 2 yaitu tidak sesuai prosedur dan masalah mental atau fisik. Dari *intermediate event* tingkat 2 ini dilakukan analisis dan didapatkan dua *basic event* dari tidak sesuai prosedur yaitu tidak menggunakan APD dan kurang memahami metode kerja. Sedangkan, masalah mental atau fisik didapatkan tiga *basic event* yaitu kurang enak badan, kurang konsentrasi dan kelelahan saat bekerja. Pada akhirnya faktor manusia ditutup dengan *or gate* karena apabila salah satu *basic event* terjadi, permasalahan mental dan fisik terjadi.



Tugas Akhir
 Identifikasi dan Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)* beserta Pengendalian Risiko pada Konstruksi Bangunan Minyak dan Gas Bumi Lepas Pantai (Studi Kasus Proyek X)



Gambar 5.4. Diagram Hasil Analisis *Top Event* Metode FTA Sengatan Listrik



3.b. Peralatan

Intermediate event faktor peralatan diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan satu *intermediate event* tingkat 2 yaitu kondisi alat. Dari *intermediate event* tingkat 2 dilakukan analisis kembali dan didapatkan tiga *basic event* yaitu kurang perawatan, tidak berfungsi maksimal dan tidak sesuai standar.

3.c. Lingkungan

Intermediate event faktor lingkungan diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan dua *basic event* yaitu posisi kerja terbatas dan lantai kerja licin (basah).

3.d. Manajemen

Intermediate event faktor manajemen diawali dengan membuka gerbang *or gate* dilakukan analisis dan didapatkan satu *intermediate event* tingkat 2 yaitu kurangnya pengawasan. Dari *intermediate event* tingkat 2 dilakukan analisis kembali dan didapatkan dua *basic event* yaitu kurangnya anggota HSE dan keterbatasan waktu pengawasan.

5.4. Respon Risiko

Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis risiko yang telah dilakukan, perlu dilakukan penangan atau evaluasi terhadap risiko. Respon risiko diperlukan guna mengatasi dan meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja yang dapat menimpa pekerja lapangan.

5.4.1. Menekan terjadinya kemungkinan / meminimalisir

Penerapan program keselamatan dan kesehatan kerja (K3) diperlukan sebagai respon risiko atau upaya penanganan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja pada proyek. Kegiatan program K3 dilakukan dengan tujuan untuk memonitoring kegiatan para pekerja dilakukan sesuai prosedur dan berlangsung lancar. Penerapan program K3 yang telah dilaksanakan pada pelaksanaan proyek adalah sebagai berikut:

1. *Safety talk*



Kegiatan *safety talk* dilakukan untuk mengingatkan kepada pekerja tentang pentingnya keselamatan kerja pada lingkungan proyek. Setiap pekerja dari *safety officer* akan bergantian setiap minggunya untuk menyampaikan materi keselamatan dan kesehatan kerja (K3) kepada para pekerja lapangan. Kegiatan *safety talk* dilakukan seminggu sekali pada hari Kamis.

2. *Safety tour / walk down*

Kegiatan inspeksi K3 dilakukan untuk mengawasi kegiatan konstruksi yang sedang berlangsung di lapangan untuk memastikan setiap kegiatan yang dilakukan dijalankan sesuai dengan prosedur dan perencanaan. Kegiatan inspeksi ini dilakukan berkala sebulan sekali.

3. *Safety induction*

Kegiatan ini dilakukan setiap hari sebelum aktivitas proyek dimulai. Kegiatan *safety induction* penting untuk mengingatkan informasi terkait tata tertib, prosedur kerja yang aman dan selamat yang peraturannya telah dibuat oleh pihak *health safety environment* (HSE) sesuai tugas pekerjaan masing – masing.

4. Tanggap darurat (*emergency drill* secara berkala)
5. Pekerja wajib melakukan *medical check-up* (MCU) dan lolos verifikasi dokter perusahaan dan *client*
6. Inspeksi berkala peralatan kerja (mingguan dan/atau bulanan)
7. Inspeksi higienis dan kebersihan akomodasi dan lingkungan kerja
8. Audit berkala (sesuai rencana internal dan *client*)
9. Penilaian resiko kerja berkala (*Job Risk Assessment* atau *Job Safety Analysis*)

5.4.2. Penanganan pekerja lapangan

Para pekerja lepas pantai wajib memiliki sertifikasi standar dan khusus sesuai pekerjaannya yang diperlukan sebagai syarat bekerja. Pekerja wajib memiliki tiga dari empat sertifikasi standar. Sertifikasi standar diantaranya *base fire fighting* (pelatihan yang bertujuan untuk memberikan pengetahuan mengenai berbagai macam Alat Pemadam Api Ringan (APAR), bagaimana cara menggunakan APAR, bagaimana peletakan APAR yang benar sebelum dan sesudah penggunaan), CPR and *first aid* (pelatihan ini bertujuan untuk menyelamatkan pekerja di *platform*



apabila terjadi kecelakaan kerja), *sea survival* (pelatihan ini bertujuan agar setiap pekerja memiliki kemampuan bertahan hidup bila terjadi kecelakaan/tenggelamnya kapal di laut terbuka meliputi cara memakai pelampung, cara melompat dari kapal ke laut, cara naik sekoci dan bagaimana cara mempertahankan diri dari serangan hewan di laut. Untuk melakukan pelatihan ini, pekerja sudah wajib memiliki kemampuan berenang), *helicopter escape* (pelatihan yang bertujuan agar pekerja memiliki keterampilan bertahan hidup dan menyelamatkan diri apabila terjadi kecelakaan helikopter seperti posisi yang benar ketika terjadi benturan di helikopter, teknik menyelam ke permukaan laut, cara mengembangkan *life jacket*).

Selain itu, beberapa pekerja wajib memiliki sertifikasi khusus berdasarkan jenis pekerjaan yang dilakukan pada Proyek X, diantaranya:

1. *Welder* atau ahli las wajib memiliki sertifikat kompetensi yang dikeluarkan dari Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi (MIGAS)
2. *Crane Operator* wajib memiliki sertifikat dan surat ijin operator yang diterbitkan oleh Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi (MIGAS)
3. *Rigger* atau juru ikat beban yang berhubungan dengan mesin *crane* wajib memiliki sertifikat kompetensi yang dikeluarkan dari Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi (MIGAS)
4. *Diver*/Penyelam bersertifikat nasional dan/atau internasional yang dapat digolongkan menjadi 4 level yaitu *scuba* komersial level 1 (30 meter), *surface supplied inshore air diver* level 2 (30 meter), penyelam lepas pantai level 3 (50 meter) dan *closed bell diver* level 4 (100 meter)
5. Operator dan Ahli Radiografi wajib memiliki sertifikat Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang dilakukan oleh Unit Kerja Pusat Standarisasi Mutu Nuklir (PSMN)
6. Pengawas Ahli K3 wajib memiliki sertifikat kompetensi kerja keselamatan dan kesehatan kerja (K3) nasional Indonesia di bidang kegiatan usaha Minyak dan Gas Bumi (MIGAS) dan/atau memiliki sertifikat K3 Umum yang dikeluarkan oleh Kementrian Ketenagakerjaan Republik Indonesia



7. Dokter Umum wajib memiliki sertifikat Hiperkes yaitu *Hygiene* Perusahaan Ergonomi dan Kesehatan yang dikeluarkan oleh Kementerian Ketenagakerjaan RI, sertifikat ACLS (*Advanced Cardiac Life Support*) untuk penanggulangan jika terjadi henti jantung dan ATLS (*Advanced Trauma Life Support*) untuk penanggulangan pasien korban kecelakaan
8. Paramedis wajib mempunyai sertifikat Hiperkes yaitu *Hygiene* Perusahaan Ergonomi dan Kesehatan yang dikeluarkan oleh Kementerian Ketenagakerjaan RI, BCLS (*Basic Cardiac Life Support*) untuk penanggulangan jika terjadi henti jantung dan BTLS (*Basic Trauma Life Support*) untuk penanggulangan pasien korban kecelakaan

Selain itu, setiap pekerja yang berada pada proyek memiliki tanggung jawab yang sama untuk menjaga keselamatan kerja pada saat pekerjaan berlangsung. Terdapat beberapa cara yang dilakukan proyek dalam menangani pekerja yaitu sebagai berikut:

1. Memberi teguran kepada pekerja yang berada di lapangan dengan menggunakan kalimat yang sopan dikarenakan setiap orang memiliki pemikiran yang berbeda.
2. Pekerja yang telah ditegur namun tetap tidak mematuhi peraturan K3, pengawas K3 melakukan peneguran kepada mandor pekerja agar menegur pekerja lapangan tersebut.
3. Apabila pekerja lapangan tidak memakai perlengkapan sesuai dengan peraturan yang berlaku, maka pengawasan diperlukan.

5.4.3. Pemeliharaan peralatan

Pemeliharaan peralatan perlu dilakukan pada setiap proyek konstruksi. Hal ini dilakukan agar pekerjaan di lapangan dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya kendala yang ditimbulkan dari peralatan yang digunakan ketika pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi. Peralatan yang dilakukan pemeliharaan yaitu seperti alat berat. Upaya yang dilakukan untuk pemeliharaan peralatan pada proyek adalah alat berat yang digunakan pada proyek harus memenuhi standar yang telah ditetapkan serta memiliki sertifikat. Inspeksi alat harus dilakukan secara berkala



guna memastikan alat berat dapat digunakan sebagaimana mestinya. Kegiatan inspeksi ini dilakukan oleh pihak kontraktor dan subkontraktor. Kegiatan ini dilakukan secara rutin dalam jangka waktu mingguan atau bulanan bergantung kebutuhan alat berat yang digunakan. Hasil dari pemeliharaan alat berat yang dilakukan subkontraktor akan diserahkan kepada pihak K3 kontraktor.

Berikut beberapa alat berat yang digunakan pada proyek:

1. *Crane*

Crane digunakan untuk membantu proses pengangkatan geladak atau struktur *jacket* baik dari darat ke atas tongkang kargo atau dari tongkang kargo ke posisi di lepas pantai. *Crane* juga digunakan untuk pengangkatan *substructure* pendukung dan termasuk *pile* atau kaki *platform*. Pada Gambar 5.5 diperlihatkan alat berat *crane*.



Gambar 5.5. Alat Berat *Crane* (Sumber: Wang, 2002)

2. *Hydraulic hammer*

Hydraulic hammer digunakan untuk memasukkan *pile* atau kaki *platform* ke dalam struktur *jacket*. Pada Gambar 5.6 diperlihatkan penggunaan *hydraulic hammer*.



Gambar 5.6. Alat Berat *Hydraulic Hammer* (Sumber: Wang, 2002)



5.4.4. Pengendalian yang sudah ada

Pengendalian risiko merupakan upaya yang dilakukan guna meminimalisir terjadinya risiko kecelakaan kerja. Terdapat beberapa teknik dalam melakukan pengendalian risiko diantaranya adalah:

1. Eliminasi

Teknik eliminasi diartikan sebagai upaya untuk mengeliminasi / menghilangkan sumber bahaya. Upaya ini dapat dilakukan dengan cara selalu menggunakan alat yang telah diuji coba sebelumnya dan bekerja tidak terburu – buru dan selalu mematuhi prosedur pekerjaan sehingga bahaya yang mungkin terjadi dapat diminimalisir.

2. Substitusi

Teknik substitusi diartikan sebagai upaya untuk menurunkan tingkatan bahaya dengan cara mensubstitusi / mengganti sumber bahaya dengan alat, sistem atau bahan lain yang memiliki kategori bahaya lebih rendah.

3. *Engineering*

Engineering diartikan sebagai upaya untuk meningkatkan keselamatan pada proyek yaitu dengan memberi rambu peringatan / alat pembatas pada lokasi yang memungkinkan terjadinya kecelakaan kerja.

4. Administratif

Teknik administratif diartikan sebagai upaya yang dilakukan proyek guna mendukung kelancaran pekerjaan proyek. Upaya yang dapat dilakukan contohnya membuat peraturan waktu kerja, membuat standar operasional prosedur (SOP) atau prosedur kerja aman dan melakukan inspeksi peralatan dan material secara rutin.

5. Alat pelindung diri (APD)

Alat pelindung diri merupakan upaya yang dapat dilakukan guna meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. Alat yang wajib digunakan pada lokasi proyek diantaranya yaitu: *coverall* (baju *safety fire resistant clothes*), helm pengaman (*safety helmet*), kacamata pengaman (*safety glasses*), sepatu keselamatan (*safety shoes*). Alat pelindung diri yang digunakan tergantung dari bahaya yang ada diantaranya yaitu: sarung tangan, penutup telinga (*ear muffs*), penyumbat telinga



(*ear plug*), dan tali pengaman (*safety harness*). Pada Gambar 5.7 sampai Gambar 5.13 diperlihatkan beberapa macam APD yang digunakan pada pelaksanaan konstruksi Proyek X.



Gambar 5.7. *Coverall* (baju *safety*)



Gambar 5.8. *Safety Helmet*



Gambar 5.9. Sarung Tangan



Gambar 5.10. *Safety Shoes*



Gambar 5.11. *Ear Muffs*



Gambar 5.12. *Ear Plug*



Gambar 5.13. *Safety Glasses*



5.4.5. Pengendalian yang disarankan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap kejadian puncak (*top event*), berdasarkan empat faktor penyebab kecelakaan kerja seperti faktor manusia, peralatan, material dan lingkungan. Pengendalian dan pencegahan harus dilakukan terhadap faktor tersebut agar terjadinya kecelakaan kerja dapat diminimalisir. Saran pengendalian dan pencegahan adalah sebagai berikut menurut empat faktor penyebab adalah sebagai berikut:

1. Faktor manusia

Pekerja yang mengalami kelelahan, kurang konsentrasi dan kurang istirahat sebaiknya dapat beristirahat dengan cukup dan tidak memaksakan kondisi tubuh untuk bekerja. Pekerja yang mengalami tidak enak badan sebaiknya melakukan *medical check-up*. Kegiatan *safety talk* dilakukan guna mengingatkan pekerja terkait keselamatan kerja sehingga pekerja akan lebih berhati – hati dan tidak terburu – buru dalam melakukan pekerjaannya. Kegiatan *safety induction* yang dilakukan setiap hari bertujuan agar pekerja memahami prosedur atau metode kerja yang seharusnya dilakukan. Koordinasi antara mandor dan pekerja harus selalu dilakukan. Pada pelaksanaan pekerjaan di lapangan, peraturan tentang penggunaan APD yang semestinya harus selalu diberlakukan. Konsekuensi harus ditetapkan apabila terdapat pekerja yang tidak mentaati peraturan penggunaan APD yang berlaku.

2. Faktor peralatan

Inspeksi dan pemeliharaan peralatan secara berkala harus dilakukan guna memastikan peralatan tetap berfungsi secara maksimal. Pekerja wajib memastikan peralatan yang digunakan harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan agar pekerjaan berjalan dengan lancar sesuai dengan prosedur yang ada.

3. Faktor lingkungan

Pihak kontraktor harus selalu memiliki rencana cadangan apabila cuaca buruk terjadi dan dapat mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Rambu – rambu peringatan harus ditambahkan atau dipasang pada lokasi – lokasi yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja. Lokasi kerja harus secara berkala



dibersihkan dari material atau benda tajam agar tidak membahayakan keselamatan pekerja dan pekerja memiliki tempat bekerja yang baik. Inspeksi lingkungan kerja (terkait higienis dan kebersihan akomodasi) harus dilakukan secara berkala.

4. Faktor manajemen

Personil HSE harus dipastikan cukup untuk mengawasi area kerja yang telah ditentukan. Pengawasan ini dilakukan guna memastikan kelancaran pekerjaan konstruksi di lapangan. Kegiatan *safety tour* dilakukan secara rutin baik mingguan atau bulanan guna mengawasi pekerja. Audit dan penilaian risiko harus selalu *update* oleh personil HSE.

5.5. Hasil Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian telah selesai dilakukan mulai dari pengumpulan data, pengolahan data hingga menemukan hasil akhir. Pada penelitian Pasaribu (2017), penelitian berhasil menemukan 1 dari 13 jenis kegiatan yang memiliki potensi bahaya tertinggi yang ada pada konstruksi gedung struktur atas di Yogyakarta dengan menggunakan nilai RPN tertinggi dari metode FMEA. Berdasarkan kegiatan tersebut, diambil salah satu jenis kegagalan yaitu tertimpa untuk dilakukan analisis menggunakan metode FTA. Sedangkan Sugiantara (2019), penelitian ini berhasil menemukan 1 aktivitas dengan potensi bahaya tertinggi dari 9 aktivitas yang ada berdasarkan nilai RPN menggunakan metode FMEA. Pada penelitian Sheily (2023), penelitian ini berhasil menemukan 3 jenis pekerjaan yang memiliki potensi bahaya tertinggi dari 31 jenis pekerjaan konstruksi bangunan migas lepas pantai Proyek X dengan batasan pekerjaan pemuatan (*load out*) hingga instalasi di lepas pantai. Dari 3 jenis pekerjaan ini, kemudian ditentukan 1 bahaya dari masing – masing jenis pekerjaan.