

**ANALISIS HUMAN ERROR SEBAGAI UPAYA
PENCEGAHAN KECELAKAAN KAPAL DI LAUT DENGAN
MENGUNAKAN METODE SPAR-H**

SKRIPSI

*Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



MUHAMMAD ANDHY DIO PRADANA

D33114001

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : ANALISIS HUMAN ERROR SEBAGAI UPAYA
PENCEGAHAN KAPAL DI LAUT DENGAN
MENGUNAKAN METODE SPAR-H
Nama Mahasiswa : MUHAMMAD ANDHY DIO PRADANA
NIM : D33114001

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal
30-11-2020

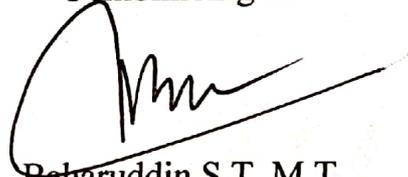
Pembimbing I,



Surya Harianto S.T.,M.T

NIP. 197107022000121001

Pembimbing II



Baharuddin S.T.,M.T

NIP. 197202021998021001

Menyetujui,

Sekretaris Departemen Teknik Sistem Perkapalan



M. Rusdi Alwi, ST., MT
NIP. 1973091232000121001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan sesuai hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur- unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Gowa, 30 November 2020

Yang membuat pernyataan


MUH.AMMAD ANDHY DIO PRADANA
NIM: D33114001

ABSTRAK

Berdasarkan laporan *International Labour Organization* (ILO) menyatakan bahwa salah satu negara dengan angka kecelakaan kerja yang tinggi adalah Indonesia (*ILO 2010*). Salah satu jenis perusahaan yang dinilai rentan oleh ILO adalah kecelakaan kerja pada perusahaan bidang perkapalan dan industri lainnya yang terkait. PT Trans Yeong Marine merupakan sebuah perusahaan kapal Tug Boat supply vessel yang menyediakan jasa pengantaran untuk menyuplai berbagai kebutuhan vital di atas industri bangunan lepas pantai (*offshore*). Dalam setiap aktivitas di atas kapal tug boat ini juga tidak terlepas dari berbagai kesalahan dan potensi resiko akibat kecelakaan tersebut. Untuk itu maka penelitian bertujuan untuk menghitung probabilitas kecelakaan karena *Human error*, serta menentukan faktor utama penyebab *human error* pada pekerjaan dikamar mesin. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode HEART (*Human error assessment and Reduction Tecnique*) dan metode SPAR-H (*Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment*). Teknik pengumpulan data penelitian dengan menyebarkan kuisioner dan wawancara langsung dengan chief engineer HT Kosak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa probabilitas human error tertinggi dilihat dari nilai HEP (Human Error Probability) pada metode HEART adalah kondisi operator (HEP = 0.299), sedangkan nilai HEP pada metode SPAR-H diperoleh nilai tertinggi pada SOP pelayaran (HEP=0.976) dan SOP kondisi operator (HEP=0.976).

Based on the report the International Labor Organization (ILO) states that one of the countries with the number of accidents of work are high is Indonesia (Labor work Indonesia). One of the types of companies that rated vulnerable by the ILO was an accident working at the company's field of shipping and industry others are related . PT Trans Yeong Marine is a company ship tug supply vessel that provides service delivery to supply the various needs vital in the above industrial building just off the coast (offshore). In every activity in the above vessel tug boat is also not in spite of various errors and potential risks due to accidents such . For it is the study aims to calculate the probability of an accident due to Human error , and formulate recommendations for the reduction of risk due to Human error is the . The analysis is done by using the method HEART(Human Error Assessment and Reduction technique) and methods of SPAR-H (Standardized Plant Human Reliability Analysis Risk Assessment) . Research data collection techniques by distributing questionnaires and direct interviews with the chief engineer HT Kosak . Results of the study showed that the probability of human error, the highest seen from the value of HEP (Human Error Probability) on methods of HEART is the condition operator (HEP = 0.299) , while the value of HEP on methods SPAR-H diperoleh value of the highest in the SOP cruise (HEP = 0.976) and SOP for operator conditions (HEP = 0.976) .

Words key : P robabilitas , Human error, HEART, SPAR-H,

KATA PENGANTAR

Assalau'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya, sehingga penulisan dapat menyelesaikan hasil penelitian dengan judul: “Analisis Human Error Penyebab Kebakaran KM Mutiara Santosa I Dengan Menggunakan Metode SHERPA Dan HEART”, skripsi ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata Satu pada Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin

Namun penulis menyadari bahwa isi dari penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan. Dalam penulisan ini, penulis banyak melibatkan berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya tercinta : Muh.Anwar Badollahi dan Hj.Hartati Skep.Ners yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta memberikan dukungan moral maupun materil kepada penulis hingga saat ini yang tak akan pernah mampu terbalaskan.
2. Kedua saudara-saudariku,Muhammad Andhy Satrio,Muhammad Andhy Raihan Saputra yang telah memberikan semangat dan bantuan materi selama penulis menjalani studi.
3. Bapak Surya Harianto, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing I dan Bapak Baharuddin, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Adi Aggas sebagai officer dikapal TB IOTA,Bapak Rahmat Alfian Sebagai 2nd Officer kapal Jaya Mukhti,Bapak Putra Andika selaku 2nd Enginer pada kapal TB Daya 29 yang bersedia meluangkan waktunya untuk mengisi kuisisioner dalam menyelesaikan tugas akhir ini
5. Kepada teman-teman seperjuangan,Abul Karam, Taufiq Bastian, Fachrul Islam, Erwin, Hamas Fanna, Mardiansya ,Azwar Shaleh, Zulkifli, Rahmat Ismail, Jerlys Christoven, Miftahul Arzaq, Rara, Inna, Juarni, dan teman-

teman lainnya yang telah memberi masukan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

6. .Tak lupa saya ucapkan terimakasih Kepada sahabat-sahabat,Septian Hariyandi S.T,Zulfitriah S.T,Azizul Muhaimin S.T,Rahmad Syam Amd.Farm, yang telah membirakn support dan dukungan yang penuh dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Dan semua pihak yang telah memabntu kelancaran penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis dengan sikap yang terbuka mengharapkan kritik dan saran yang bersifat memabngun dari para pembaca demi perbaikan kedepannya. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Gowa 28 November,2020

Muhammad Andhy Dio Pradana

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Pengertian Penundaan	4
2.2 Jenis Dan Fungsi Kapal Tug Boat.....	5
2.3.1 Jenis-Jenis Kecelakaan Kapal.....	6
2.3.2 Sebab-sebab Kecelakaan Kapal.....	7
2.4 Kesalahan Manusia.....	10
2.4.1 Definisi <i>Human Error</i>	11
2.4.2 Klasifikasi <i>Human Error</i>	12

2.4.3	Penyebab <i>Human Error</i>	12
2.4.4	Area Human Error yang Butuh Dikembangkan Untuk mencegah Kecelakaan	13
2.5	<i>Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)</i>	13
2.5.1	Konsep Metode HEART.....	13
2.5.2	Tahapan Metode HEART	14
2.6	<i>Standardized Plan Analysis Risk Human Reliability Assessment</i> ..	21
2.6.1	Konsep Metode SPAR-H.....	21
 BAB III. PENYAJIAN DATA DAN METODOLOGI		25
3.1	Data Penelitian.....	25
3.1.1	Tugas Dan Wewenang Crew dan ABK di Kamar Mesin	26
3.1.2	Daftar Alat-alat Keselamatan Pada Kapal Kosak	28
3.2	Metodologi Penelitian.....	31
3.2.1	Identifikasi Rumusan Masalah	31
3.2.2	Studi Pendahuluan	31
3.2.3	Penyusunan Landasan Teori	31
3.2.4	Pengumpulan dan Pengolahan Data	31
3.2.5	Analisa dan Penarikan Kesimpulan	31
 BAB IV. PEMBAHASAN		33
4.1.	Penentuan Task Pertanyaan Terkait <i>Human Error</i> Kamar Mesin..	33
4.1.1	Task Pertanyaan <i>Human Error</i>	33
4.1.2	Mengidentifikasi Kondisi Peralatan Di Kamar Mesin	34
4.2	Tahapan Pengolahan Data Metode HEART	36
4.2.1	Menghitung <i>Nominal Human Error Probability</i> Terjadinya <i>Human Error</i>	37
4.2.2	Menghitung Nilai Assessed Proportion of Effect dan Menghitung Besarnya Nilai Assessed Effect (AE) Dari Setiap EPCs yang Telah Di identifikasi.....	39
4.2.3	Menghitung Nilai <i>Human Error Probability (HEP)</i>	44

4.2.4 Hasil Perhitungan HEP Keseluruhan SOP dan Kondisi Peralatan Dikamar Mesin.....	46
4.3 Menghitung Reabilitas Pekerja Dikamar Mesin Menggunakan Metode SPAR-H.....	48
4.3.1 Hasil Pengukuran Reabilitas Pekerjaan	52
4.3.2 <i>Factor Dependecy Human Error</i>	57
4.4. Perbedaan Hasil Pengukuran Metode HEART dan SPAR-H.....	62
4.5 Faktor Utama Penyebab <i>Human Error</i>	63
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	66
DAFTAR PUSTAKA	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Sederhana Penyebab Kecelakaan.....	9
Gambar 3.1 HT KOSAK.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Generic Task Type Dan Nominal Human Error Probability</i>	15
Tabel 2.2 <i>Error Producing Conditions</i>	17
Tabel 2.3 <i>Kriteria menentukan (assessed proportion of effect/APOE)</i>	20
Tabel 2.4 Kategori Penilaian <i>Performance Shaping Factors</i> pada SPAR-H...	20
Tabel 4.1 <i>Generic Task Type Dan Nominal Human Error Probability</i>	35
Tabel 4.2 Klasifikasi <i>General Task</i> Menurut SOP Pelayaran.....	37
Tabel 4.3 Perhitungan Nilai APOE.....	39
Tabel 4.4 <i>Error Producing Conditions (EPCs)</i>	40
Tabel 4.5 Klasifikasi EPCs Menurut SOP Pelayaran.....	42
Tabel 4.6 Nilai HEP SOP Pelayaran	43
Tabel 4.7 Nilai HEP seluruh Responden.....	45
Tabel 4.8 Kategori Penilaian <i>Performance Shaping Factors</i> pada SPAR-H...	48
Tabel 4.9 Nilai HEP SPAR-H.....	50
Tabel 4.10 Hasil Analisa Perhitungan HEP Keseluruhan SOP dan Pekerjaan Metode SPAR-H.....	54
Tabel 4.11 Hasil pengukuran HEP berdasarkan urutan pekerjaan.....	54
Tabel 4.12 Factor Dependency.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. klasifikasi <i>General task</i> Menurut Chif Enginer (KKM).....	67
Lampiran 2. klasifikasi General task Menurut SOP 2nd Enginer (Masinis)...	68
Lampiran 3. Perhitungan Nilai APOE SOP Chif Enginer (KKM)	69
Lampiran 4. Perhitungan Nilai APOE SOP 2nd Enginer (Masinis)	70
Lampiran 5. Perhitungan Nilai EPCs SOP Chif Enginer (KKM).....	70
Lampiran 6. Perhitungan Nilai EPCs 2nd Enginer (KKM)	71
Lampiran 7. Nilai HEP SOP Chif Enginer (KKM).....	72
Lampiran 8. Nilai HEP SOP 2nd Enginer (Masinis).....	74
Lampiran 9. Nilai HEP Metode SPAR-H.	76
Lampiran 10. Tabel Kuisoner.	78
Lampiran 11. Maintenance Towing Pin.....	89
Lampiran 12. Pembersihan Filter udara Main Engine	89
Lampiran 13. Pengecekan daya Battery	89
Lampiran 14. Pengujian All Closing Valve	89
Lampiran 15. Pengisian Kuisoner Secara langsung Oleh bapak Muh Anwar Sebagai 2nd Enginer pada kapal TB Kosak.....	89

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan laporan *International Labour Organization* (ILO) menyatakan bahwa salah satu negara dengan angka kecelakaan akibat pekerja yang tinggi adalah Indonesia (*ILO* 2010). Salah satu jenis perusahaan yang dinilai rentan oleh ILO adalah kecelakaan kerja pada perusahaan bidang perkapalan dan industri lainnya yang terkait. PT Trans Yeong Marine merupakan sebuah perusahaan kapal Tug Boat supply vessel yang menyediakan jasa pengantaran untuk menyuplai berbagai kebutuhan vital di atas industri bangunan lepas pantai (*offshore*). Dimana kapal-kapal dari PT Trans yeong Marine, menjalani kerjasama pada perusahaan Donggi Senoro LNG. Dimana perusahaan Donggi Senoro LNG merupakan anak perusahaan dari PT Pertamina Trans Kontinental. Berdasarkan hasil dari pengamatan data kecelakaan kapal yang disebabkan oleh *human error* menurut data KNKT, dari tahun 2015 sampai dengan 2019 telah terjadi 66 kasus kecelakaan kapal di wilayah perairan Indonesia. Berikut adalah rincian kasus kecelakaan yang di sebabkan oleh *human error* :

Tabel 1. Data kecelakaan kapal yang diinvestigasi oleh KNKT

No	Tahun	Jumlah kecelakaan	Jenis kecelakaan		
			Kapal Tenggelam	Kapal Terbakar/meledak	Kapal Tubrukan
1	2015	10	2	4	4
2	2016	19	7	5	5
3	2017	21	6	12	3
4	2018	16	6	6	4
5	2019	3	0	1	2
Total		63	21	28	118

Dari data diatas diketahui bahwa 82.5% kecelakaan kapal yang disebabkan

oleh human factor, dengan total kasus 63. disini kita dapat menyimpulkan bahwa manusia menjadi factor yang paling dominan dalam kecelakaan kapal.

Mengingat ada 82.5% factor manusia non-teknis terjadi pada kecelakaan kapal, dengan begitu dapat dipastikan adanya kemungkinan kesalahan dari awak kapal dalam mengoperasikan sistem-sistem yang ada di atas kapal.

Berdasarkan kondisi yang ada di Indonesia dan besarnya proporsi kecelakaan kapal di Indonesia yang disebabkan oleh *human error*. Untuk itu maka penelitian bertujuan untuk menghitung probabilitas kecelakaan karena *Human error*, serta menentukan faktor utama penyebab *human error* pada pekerjaan dikamar mesin. Oleh sebab itu dalam tugas akhir ini akan menganalisa *human error* sebagai upaya pencegahan kecelakaan kapal di laut dengan menggunakan metode HEART (*Human error assessment and Reduction Technique*) dan metode SPAR-H (*Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment*).

Yang dimana metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) yang merupakan metode kuantifikasi yang dikembangkan pada tahun 1985 oleh Williams. HEART memiliki kelebihan dalam penerapannya yang dapat digunakan dalam berbagai macam situasi atau industri salah satunya industri perkapalan, Metode ini pun telah diuji validitasnya oleh Kirwan pada tahun 1997. (Bell dan Holroyd, 2009).

Selain itu dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode *Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment* (SPAR-H). Metode SPAR-H merupakan metode yang baru dikembangkan pada tahun 2005 oleh *US Nuclear Research Commission*. Meskipun dikembangkan pada industry nuklir, namun metode ini memiliki keunggulan sebagai metode yang bisadiaplikasikan dalam aplikasi yang lebih luas. Penelitian ini akan melakukan perbandingan antara metode HEART sebagai salah satu metode populer dalam HRA dan metode SPAR-H sebagai metode yang lebih baru dikembangkan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, masalah dari penelitian ini adalah perlu adanya metode pengukuran human Reliability terhadap resiko kecelakaan di atas kapal yang di akibatkan oleh crew-crew di atas kapal.?

1. Apa saja Human error yang menyebabkan kecelakaan di atas kapal.?
2. Apa saja yang menjadi probabilitas human error dari setiap pekerjaan ABK di atas kapal.?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang di berikan pada tugas Akhir ini adalah:

1. Objek Penelitian adalah kapal suplai HT Kosak (Tug Boat)
2. Analisis *Human Error* dibatasi pada ruang lingkup pekerjaan di kamar mesin.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sabagai berikut :

1. Mengetahui tingkat probabilitas *human error* (HEP) pada berbagai jenis pekerjaan di kamar mesin
2. Menentukan Faktor Utama Penyebab *Human Error* pada pekerjaan di kamar mesin

1.5 Manfaat

Dalam peneltian ini diharapkan memiliki manfaat bagi banyak pihak yang berkepentingan. Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Dapat digunakan oleh pemilik dan operator kapal dalam mengantisipasi penyebab kecelakaan akibat *human error*.
2. Dapat digunakan oleh pemilik dan operator kapal untuk mengetahui potensi jenis pekerjaan di kamar mesin yang paling beresiko tinggi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Penundaan

Menurut (Eko Hariyadi Budiyanto: 2007) dalam buku manajemen bisnis pelabuhan, kegiatan penundaan kapal adalah pekerjaan mendorong, menarik atau menggandeng kapal yang berolah gerak untuk bertambat atau untuk melepaskan dari tambatan, jembatan, pelampung, dolphin, kapal lainnya dengan mempergunakan kapal tunda. Jadi secara mendasar penundaan disediakan sebagai alat bantu pandu. Pelayanan jasa pandu, jasa tunda, jasa kepil dan jasa telekomunikasi adalah suatu rangkaian pelayanan jasa yang tidak bias dipisahkan dengan pertimbangan keselamatan terhadap kapal-kapal yang keluar masuk pelabuhan. Dengan panjang kapal tertentu harus mempergunakan kapal tunda sebagai sarana bantu pandu. Departemen Perhubungan memberikan pedoman tentang jumlah dan ukuran PK kapal tunda untuk melaksanakan penundaan sebagai berikut :

1. Panjang kapal 71 m s/d 100 m, minimal ditunda dengan 1 unit kapal tunda dengan daya 600 PK s/d 1.200 PK.
2. Panjang kapal 101 m s/d 200 m, minimal dengan 2 unit kapal tunda dengan daya 700 PK s/d 3.400 PK.
3. Panjang kapal 151 m s/d 200 m, minimal dengan 2 unit kapal tunda dengan daya 3.400 PK s/d 5.000 PK.
4. Panjang kapal 201 m s/d 300 m, minimal dengan 3 unit kapal tunda dengan daya 5.000 PK s/d 10.000 PK.
5. Panjang kapal 301 m ke atas minimal dengan 4 unit kapal tunda dengan daya minimal 10.000 PK.

Dengan mempertimbangkan kekuatan arus, angin, cuaca, kedalaman kolam, serta kondisi kapal yang ditunda, pandu dapat mempertimbangkan jumlah serta daya kapal tunda yang digunakan. Nahkoda kapal tunda merupakan penanggung jawab umum terhadap pengoperasian kapal tunda tersebut, sesuai dengan perintah yang diberikan oleh pandu. Begitu juga juragan kapal kecil bertanggung jawab atas pelaksanaan perintah dari pandu untuk mengambil tali kapal.

2.2 Jenis Dan Fungsi Kapal Tug Boat

Menurut (Edy Hidayat: 2009) dalam buku peralatan pelabuhan, Jenis-jenis peralatan pelayaran kapal terdiri dari kapal tunda, kapal pandu, kapal kepil dan tongkang (air/BBM/limbah). Fungsi masing- masing peralatan pelayaran kapal tersebut dijelaskan di bawah ini :

1. Kapal Tunda (Tug Boat)

Kapal Tunda digunakan adalah jenis Harbour Tug, untuk memberikan pelayanan kepada kapal yang mempunyai panjang lebih dari 70 meter yang melakukan gerakan (olah gerak) di perairan wajib pandu, baik yang akan sandar ataupun meninggalkan pelabuhan, dengan cara menggandeng, mendorong dan menarik. Pemanduan kapal tersebut dimaksudkan untuk kepentingan pertimbangan keselamatan pelayaran.

Menurut Lestari Damanik (2016) Tugboat adalah jenis kapal pemandu yang biasa digunakan untuk menarik dan mendorong kapal besar di pelabuhan, memandu kapal besar pada jalur yang berbahaya, memperbaiki kapal dilaut, melakukan penyelamatan pada air seperti memadamkan api dan salvage . Selain itu Tugboat adalah kapal yang fungsinya menarik atau mendorong kapal-kapal lainnya. Dibedakan atas beberapa jenis antara lain kapal tunda samudra, kapal tunda pelabuhan dan lain-lainnya. Medan yang dilalui Tugboat biasanya cukup menyulitkan seperti sungai kecil yang berliku dan laut dangkal berkarang hingga laut luas antar pulau besar, sehingga Tugboat harus melakukan manuver yang baik. Berdasarkan tempat dan kinerja Tugboat, terdiri 3 jenis Tugboat :

a) Seagoing Tug

Fungsi dan peran dari Tugboat untuk pelayaran bebas yaitu menarik atau pelayaran bebas yaitu menarik atau mendorong kapal yang tidak memiliki alat penggerak sendiri.

b) Escort Tug

Kapal Tugboat ini digunakan untuk mengawal kapal besar disepanjang bagian berbahaya.

c) Harbour Tugs

Harbour Tugs digunakan di pelabuhan, perairan dalam dan daerah pesisir.

2. Kapal Pandu (*Pilot Boat*)

Kapal pandu digunakan sarana transportasi laut bagi petugas pandu untuk naik/turun dari kapal yang dipandu dalam berolah gerak di perairan wajib pandu, perairan pandu luar biasa dan perairan di luar perairan wajib pandu saat masuk/keluar pelabuhan atau sandar dan lepas ke/dari dermaga/tambatan.

2.3 Kecelakaan Kapal

2.3.1 Jenis-Jenis Kecelakaan Kapal

Kecelakaan kapal terdiri dari beberapa jenis diantaranya tabrakan, kegagalan peralatan, ledakan, kebakaran, kebocoran, kandas, terbalik dan tenggelam. Berdasarkan hipotesis, faktor penentu dari kerugian yang dialami dalam kecelakaan kapal terdiri dari tipe atau jenis kecelakaan, penyebab kecelakaan, kondisi operasi dan karakteristik kapal. Kecelakaan kapal menimbulkan berbagai akibat terkait dengan keselamatan manusia, finansial dan lingkungan.

Kecelakaan kapal disebabkan oleh beberapa faktor, baik di pantai maupun di sepanjang alur perairan yang meliputi elemen manusia dan teknologi. Faktor manusia dan teknologi sebagai faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan kapal dapat disebabkan oleh kecerobohan awak kapal terkait dengan keselamatan melalui pemberian izin pemuatan barang yang melebihi kapasitas muat (*overloading*), penyalahgunaan alkohol, atau perawatan kapal yang buruk, mesin dan perlengkapan tidak berfungsi dengan baik serta cuaca buruk.

Talley, et.al. menyatakan berdasarkan hasil survei 1.500 klaim asuransi kecelakaan di seluruh dunia antara tahun 1987 dan 1996, Thomas Miller P & I Club di Inggris menemukan bahwa 90 % dari kecelakaan disebabkan oleh kesalahan manusia. Dua - pertiga dari kecelakaan yang melibatkan klaim cedera disebabkan oleh kesalahan manusia, misalnya kecerobohan, perasaan terlalu percaya diri (*overconfidence*), atau kurangnya pengetahuan atau pengalaman, disamping itu juga faktor emosional manusia seperti kelelahan, ketidaknyamanan, kebosanan, kemarahan, kesedihan dan sakit.

Beberapa penyebab kecelakaan kapal dalam istilah umum antara lain kondisi alam, kegagalan teknis, kondisi rute, faktor yang berhubungan dengan kapal,

kelalaian manusia dan faktor yang berhubungan dengan kargo. Saat ini, kecelakaan menjadi bersifat lebih mengarah pada bahaya lingkungan yang dapat menjadi ancaman bagi arus pelayaran/perdagangan. Pelayaran akan selalu penuh dengan resiko, meskipun standar keselamatan selalu ditingkatkan.

2.3.2 Sebab-Sebab Kecelakaan Kapal

Beberapa hal yang telah terjadi di bidang transportasi laut yang berkaitan dengan musibah dan kecelakaan kapal dan gangguan keamanan di laut/maritim, menunjukkan adanya kelemahan empat perangkat yang terlibat dalam dunia transportasi secara umum yakni perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), perangkat hidup (lifeware) dan perangkat organisasi (organoware). Oleh karena itu guna mendalami mengapa hal tersebut terjadi, ada dasar teori yang relevan mengupas hal tersebut, yakni:

Van der Schaff (Universitas Teknologi Eindhoven, 1992), menjelaskan bahwa situasi berbahaya yang mengarah pada kecelakaan merupakan hasil dari kombinasi kegagalan teknis, manusia, dan organisasi. Dengan membuat sistem pertahanan, seperti sistem keselamatan otomatis, prosedur keselamatan standar, akan mencegah situasi ini mengarah ke timbulnya insiden dan membuat sistem akan kembali ke keadaan normalnya. Model sederhana yang menjelaskan hal itu dapat dilihat pada Gambar sebagai berikut:

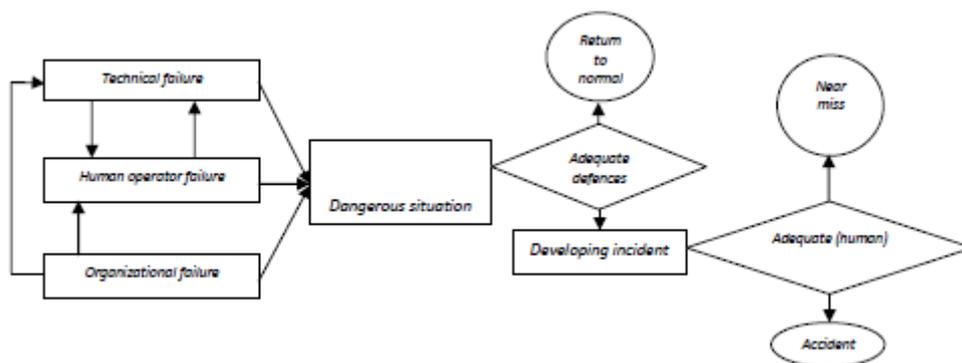


Diagram 2.1 Model Sederhana Penyebab Kecelakaan (Van Der Schaaf,1992)

Penjelasan praktis yang dapat membedakan ketiga hal tersebut adalah sebagai berikut:

a. Kegagalan Teknis:

Berhubungan dengan kegagalan atau unjuk kerja yang kurang optimal pada peralatan teknis yang digunakan selama terjadinya insiden, atau kegagalan berhubungan dengan keadaan fisik dimana insiden terjadi. Kegagalan teknis merupakan wilayah kerja dari para desainer dan insinyur serta kemungkinan sebagai penjelasan yang mudah dipahami sebagai penyebab kecelakaan. Tetapi, sebagai penjelasan yang mudah dipahami bukan berarti secara otomatis sebagai bagian yang mudah dikendalikan. Berdasarkan temuan yang didapati dalam investigasi suatu kecelakaan, perbaikan pada sistem dapat mengurangi kegagalan dengan penyebab yang serupa. Fokus pada perbaikan teknis dapat dilihat dari jumlah insinyur yang bekerja di organisasi berada. Insinyur desain dan perawatan merupakan bagian yang penting dari suatu organisasi, bertanggung jawab untuk memelihara dan memperbaiki keandalan dari sistem teknik. Secara bersama-sama mereka menyediakan pengetahuan dengan dasar teknik (*technical knowledge based*) pada organisasi.

b. Kegagalan Manusia:

Berhubungan dengan kesalahan yang dibuat manusia sebagai pertahanan terakhir dari sistem pertahanan, berhubungan langsung sebagai pemicu terjadinya insiden. Manusia selalu memiliki kecenderungan untuk melakukan kesalahan. Selama beberapa dekade, para peneliti khususnya bidang psikologi mencari penyebab bagaimana dan mengapa manusia melakukan kesalahan. Dari beberapa model kebiasaan manusia, model yang cukup terkenal adalah model *Rasmussen's Skill-, Rule-, and Knowledge-based behaviour* (1976). Rasmussen membedakan ketiga tingkatan kebiasaan manusia tersebut yang berhubungan secara hirarki sebagai berikut:

- 1 Kebiasaan berdasarkan keterampilan: mengarah pada tugas rutin, membutuhkan sedikit atau tidak sama sekali perhatian dalam menjalankan tugas tersebut.
- 2 Kebiasaan berdasarkan aturan: mengarah pada prosedur yang telah dikenal untuk digunakan dalam situasi pengambilan keputusan.

- 3 Kebiasaan berdasarkan pengetahuan: mengarah pada aktivitas untuk memecahkan masalah.

Langkah penting lainnya, untuk menjelaskan kesalahan manusia adalah membedakan slips dan mistakes. Slips adalah bentuk kesalahan yang dilakukan pada suatu rencana yang sesuai. Sedangkan mistakes adalah bentuk kesalahan dimana terjadi karena rencana yang tidak sesuai, hal ini berawal dari fase perencanaan. Reason (1987) mengkombinasikan model *Rasmussen's SRK* dan perbedaan antara slips dan mistakes dalam *Generic Error-Modelling System (GEMS)*.

c. Kegagalan Organisasi:

Berhubungan dengan kesalahan yang dibuat organisasi sebagai pertahanan awal dari sistem pertahanan, tidak berhubungan langsung dengan terjadinya insiden secara langsung tetapi merupakan pemicu yang membawa kegagalan lain menuju insiden.

Langkah yang paling penting dalam menjelaskan kegagalan organisasi adalah membedakan antara kegagalan aktif dan kegagalan laten. Kegagalan aktif merupakan kegagalan dengan ciri efek dari kegagalan dirasakan sangat cepat. Kegagalan laten merupakan kegagalan dimana efek yang ada dirasakan dalam waktu yang lama dan baru sangat terasa bila berkombinasi dengan faktor lain yang dapat menerobos semua sistem pertahanan yang ada (Reason, 1990).

Dampak Kecelakaan Transportasi Laut

Kecelakaan transportasi laut dapat berakibat luas, yaitu:

1. Menimbulkan korban jiwa yang tak ternilai.
2. Menyebabkan gangguan psikologi bagi korban.
3. Menimbulkan kerugian material, dan
4. Menyebabkan merusakkan lingkungan.

2.4 Kesalahan Manusia (*Human Error*)

2.4.1 *Defenisi Human Error*

Human error seringkali dinyatakan sebagai faktor utama penyebab terjadinya suatu kecelakaan. Bagi masyarakat awam, berita-berita tentang

kecelakaan transportasi dengan human error sebagai penyebabnya sering diartikan sebagai kesalahan manusia, operator sistem seperti masinis, pilot, kapten kapal, dan lainnya. Persepsi ini sebenarnya kurang tepat, mengingat banyak faktor dan aspek lain yang dapat secara langsung maupun tidak mendorong seorang operator melakukan tindakan yang tidak tepat.

Error sendiri secara umum didefinisikan sebagai kegagalan untuk menampilkan suatu perbuatan yang benar dan diinginkan pada suatu keadaan. Error ini hanya dapat terjadi jika ada perhatian yang benar, untuk menanggapi kejadian yang diamati sedangkan tindakan akhir yang dilakukan tidak sesuai dengan yang diinginkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil akhir dari error berupa kejadian, sehingga nantinya terdapat suatu peristiwa yang dapat diamati. *Error* ini tidak hanya dibatasi oleh keluaran yang buruk maupun yang serius. Sedangkan yang dimaksud dengan kecelakaan adalah kejadian yang tidak direncanakan, diharapkan, maupun diinginkan dan biasanya menghasilkan keluaran yang kurang baik. Error merupakan kejadian psikologis yang disebabkan oleh faktor-faktor kejiwaan sehingga ada kemungkinan bahwa sebagian atau keseluruhan error yang terjadi tersebut tidak teridentifikasi.

Kesalahan yang diakibatkan oleh faktor manusia kemungkinan disebabkan oleh pekerjaan yang berulang-ulang (*repetitive work*) dengan kemungkinan kesalahan sebesar 1% (Iftikar Z. Satalaksana,1979). Adanya kesalahan yang terjadi disebabkan oleh pekerjaan yang berulang ini sedapat mungkin harus dicegah atau dikurangi, yang tujuannya untuk meningkatkan keandalan seseorang dengan menurunnya tingkat kesalahan yang terjadi.

Sehingga perlu dilakukan perbaikan performansi manusia untuk mengurangi laju kesalahan. Laju kesalahan (*error rate*) yang besarnya 1 dalam 100 terjadi dengan kemungkinan 1%. Apabila hal semacam ini terjadi maka dapat dikatakan bahwa kondisi dalam keadaan baik.

2.4.2 Klasifikasi *Human Error*

Pada dasarnya terdapat klasifikasi *human error* untuk mengidentifikasi penyebab kesalahan tersebut. Klasifikasi tersebut secara umum dari penyebab

terjadinya human error adalah sebagai berikut:

1. Sistem *Induced Human Error*.

Dimana mekanisme suatu sistem memungkinkan manusia melakukan kesalahan, misalnya manajemen yang tidak menerapkan disiplin secara baik dan ketat.

2. Desain *Induced Human Error*.

Terjadinya kesalahan diakibatkan karena perancangan atau desain sistem kerja yang kurang baik. Sesuai dengan kaidah Murphy (Murphys law) menyatakan bahwa bila suatu peralatan dirancang kurang sesuai dengan pemakai (aspek ergonomis) maka akan terdapat kemungkinan akan terjadi ketidaksesuaian dalam pemakaian peralatan tersebut, dan cepat atau lambat akan terjadi.

3. *Pure Human Error*.

Suatu kesalahan yang terjadi murni berasal dari dalam manusia itu sendiri, misalnya karena skill, pengalaman, dan psikologis.

2.4.3 Penyebab *Human Error*

Sebab-sebab human error dapat dibagi menjadi :

1. Sebab-Sebab Primer

Sebab-sebab primer merupakan sebab-sebab *human error* pada level individu. Untuk menghindari kesalahan pada level ini, ahli teknologi cenderung menganjurkan pengukuran yang berhubungan ke individu, misalnya meningkatkan pelatihan, pendidikan, dan pemilihan personil (Sriskandan dalam Atkinson, 1998). Bagaimanapun, saran tersebut tidak dapat mengatasi kesalahan yang disebabkan oleh penipuan dan kelalaian.

2. Sebab-sebab Manajerial

Penekanan peran dari pelaku individual dalam kesalahan merupakan suatu hal yang tidak tepat. Kesalahan merupakan sesuatu yang tidak dapat dihindarkan, pelatihan dan pendidikan mempunyai efek yang terbatas dan penipuan atau kelalaian akan selalu terjadi, tidak ada

satupun penekanan penggunaan teknologi yang benar akan mencegah terjadinya kesalahan. Fakta ini telah diakui telah diakui secara luas pada literatur kesalahan dalam industri yang beresiko tinggi (Kletz dalam Atkinson, 1998). Karena itu merupakan peranan manajemen untuk memastikan bahwa pekerja melakukan pekerjaan dengan semestinya, untuk memastikan bahwa sumber daya tersedia pada saat dibutuhkan dan untuk mengalokasikan tanggung jawab secara akurat diantara pekerja yang terlibat.

3. Sebab-sebab Global

Kesalahan yang berada di luar kontrol manajemen, meliputi tekanan keuangan, tekanan waktu, tekanan sosial dan budaya organisasi.

2.4.4 Area *Human Error* Yang Butuh Dikembangkan Untuk Mencegah Kecelakaan

1. Kelelahan
2. Kurang komunikasi
3. Kurang pengetahuan teknikal yang umum
4. Kurang pengetahuan terhadap sistem kapal
5. Desain otomasi yang kurang baik
6. Keputusan didasarkan pada kurangnya informasi
7. Kesalahan standar, kebijakan, atau Pratik
8. Perawatan yang buruk
9. Lingkungan alam yang berbahaya

2.5 *Human Error Assesment and Reduction Tecnique* (HEART)

2.5.1 Konsep Metode HEART

HEART pertama kali diperkenalkan oleh Williams pada 1985 ketika dia berkerja di Central Electricity Generating Board. HEART merupakan salah satu metode kuantifikasi human error. HEART dirancang sebagai metode kuantifikasi resiko *human error* yang cepat, sederhana dan mudah dipahami oleh engineers dan human factors specialists. HEART merupakan metode yang umum yang

dapat diaplikasikan di segala situasi atau industri dimana human reliability dianggap penting. Sdecara ekstensif, HEART digunakan di industry nuklir UK dan juga dikebanyakan industri lain seperti industri kimia, penerbangan, kereta api, pengobatan dan sebagainya (Ben dan Halroyd, 2009). Kelemahan dari metode HEART yaitu bersifat subyektif sehingga hasil yang diperoleh antara peneliti satu dengan yang lain tentu sama.

Fungsi pertama proses perhitungan HEART adalah untuk mengelompokkan task dalam kategori umumnya dan nilai level nominal untuk human unreliability menurut tabel HEART generic categories (Kirwan, 1994). Berikutnya adalah mengidentifikasi kondisi yang mengakibatkan terjadinya error (Error Producing Conditions, EPCs) yang ditunjukkan dalam bentuk skenario yang memberikan pengaruh negatif terhadap performansi manusia. Jadi HEART merupakan bagian dari perhitungan keandalan yang diartikan sebagai seberapa besar operator melakukan kesalahan dalam task yang seharusnya dilakukan.

2.4.2 Tahapan Metode HEART

1. Identifikasi seluruh jenis pekerjaan yang harus dilakukan oleh operator.

Dapat dilakukan dengan melakukan pengamatan, wawancara dan pencatatan uraian pekerjaan operator sehingga peneliti dapat memahami secara menyeluruh mengenai tugas-tugas yang harus dikerjakan oleh operator.

2. Mengkategorikan setiap item pekerjaan ke salah satu dari 8 kategori yang ada di tabel Generic Task Type (GTT).

Setiap item pekerjaan yang dikategorikan harus benar-benar sesuai. Oleh karena itu, diperlukan wawancara langsung dengan supervisor atau orang yang berpengalaman terhadap pekerjaan tersebut. Selain itu, nominal *human error probability* juga masih dapat disesuaikan berdasarkan wawancara dengan supervisor. Adapun nilai nominal *human error probability* dapat dilihat dalam table 2.1

Tabel 2.1 Generic Task Type Dan Nominal Human Error Probability

<i>Type</i>	<i>Generic task type</i>	<i>Nominal Human Error Probability</i>	<i>Range</i>
A	Benar-benar asing; dikerjakan dengan kecepatan tinggi tanpa adanya pemikiran tentang kemungkinan terjadinya konsekuensi.	0,55	(0,35-0,97)
B	Mengubah atau mengembalikan sistem pada keadaan yang baru dan dilakukan dengan usaha sendiri tanpa adanya supervisi atau prosedur.	0,26	(0,12-0,28)
C	Pekerjaan bersifat kompleks sehingga membutuhkan tingkat kemampuan dan perhatian yang tinggi.	0,16	(0,12-0,28)
D	Pekerjaan sederhana yang dilakukan dengan cepat dan perhatian yang sedikit.	0,09	
E	Rutin; sering dikerjakan; pekerjaan yang dilakukan membutuhkan tingkat kemampuan yang relatif rendah.	0,02	(0,06-0,13)
F	Mengubah atau mengembalikan sistem pada keadaan yang baru dengan mengikuti beberapa prosedur; dengan beberapa pemeriksaan	0,003	(0,007-0,045)
G	Sepenuhnya dikenali; dirancang dengan baik; sering dikerjakan; tugas rutin terjadi beberapa kali per jam; dilakukan untuk standar tertinggi dengan sangat termotivasi; personil sangat terlatih dan	0,0004	(0,0008-0,0007)

	berpengalaman; terdapat waktu untuk memperbaiki kesalahan potensial; tetapi tanpa alat bantu kerja yang signifikan	(0,00008-0,009)
H	Merespon perintah sistem dengan tepat bahkan ketika ada tambahan atau sistem pengawasan otomatis yang disediakan untuk menghasilkan interpretasi yang akurat tentang keadaan sistem.	0,00002
		(0,000006-0,0009)

Sumber : sandom, carl dan roger s. Harvey (Ed.) (2009 :180)

3. Identifikasi *Error Producing Conditions* (EPCs) sesuai dengan skenario yang ada di tabel HEART EPCs.

EPCs merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kegagalan kerja operator atau dalam istilah yang lain disebut dengan Performance Shaping Factors (PSFs). EPCs dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 *Error Producing Conditions* (EPCs)

N o	<i>Error Producing Condition</i> (EPC)	Nilai EPC
1	Ketidakhadiran dengan sebuah situasi yang sebenarnya penting namun jarang terjadi	17
2	Waktu singkat untuk mendeteksi kegagalan dan tindakan koreksi	11
3	Rasio bunyi sinyal yang rendah	10
4	Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses	9
5	Tidak adanya alat untuk menyampaikan informasi spasial dan fungsional kepada <i>operator</i> dalam bentuk <i>operator</i> dapat secara siap memahaminya.	8
6	Ketidakhadiran antara SOP dan kenyataan dilapangan	8
7	Tidak adanya cara untuk membalikkan kegiatan yang tidak	8

	diharapkan	
8	Kapasitas saluran komunikasi overload, terutama satu penyebab reaksi secara bersama dari informasi yang tidak berlebihan	6
9	Dibutuhkan teknik (cara) yang berbeda dari biasanya dalam melakukan pekerjaan	6
10	Perlu adanya transfer pengetahuan tertentu dalam setiap pekerjaan yang dilakukan, namun tanpa adanya informasi yang hilang atau berkurang	5,5
11	Ambiguitas dalam standar performansi yang diberikan (batasan standar performansi tidak jelas)	5
12	Adanya ketidaksesuaian antara persepsi terhadap resiko dengan resiko nyata yang terjadi	4
13	<i>Feedback</i> dari sistem buruk, ambigu, atau tidak sesuai dengan yang diharapkan	4
14	Tindakan yang dimaksudkan untuk mengontrol pekerjaan yang dilakukan tidak jelas dan terlambat	4
15	Operator tidak berpengalaman (operator yang telah memenuhi syarat dalam melakukan pekerjaannya, tapi belum tergolong ahli)	3
16	Kesesuaian informasi yang diinginkan yang disampaikan dalam prosedur dan interaksi antarpekerja buruk	3
17	Pemeriksaan secara independen terhadap <i>output</i> (hasil) sedikit atau mungkin tidak diperiksa	3
18	Ada konflik yang terjadi mengenai tujuan jangka pendek dan tujuan jangka panjang	2,5
19	Informasi yang diterima tidak seragam sehingga mempersulit proses pemeriksaan	2,5
20	Tingkat pendidikan operator tidak sesuai dengan kebutuhan kerja yang seharusnya	2
21	Ada pemberian insentif kepada operator untuk melakukan prosedur kerja lain yang lebih berbahaya	2
22	Sedikit waktu yang diberikan untuk melatih pikiran dan tubuh pada saat melakukan pekerjaan	1,8

23	Peralatan tidak andal (dengan penilaian langsung)	1,6
24	Kebutuhan untuk membuat suatu keputusan yang diluar kapasitas atau pengalaman dari operator	1,6
25	Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas	1,6
26	Tidak adanya kejelasan langkah untuk mengamati kemajuan selama aktivitas	1,4
27	Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik	1,4
28	Sedikit atau tidak adanya hakiki hari dari aktivitas	1,4
29	Level emosi yang tinggi	1,3
30	Adanya gangguan kesehatan khususnya demam	1,2
31	Tingkat kedisiplinan yang rendah	1,2
32	Ketidakkonsistenan dari tampilan atau prosedur	1,2
33	Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung	1,15
34	Siklus berulang-ulang yang tinggi dari pekerjaan dengan beban kerja bermental rendah	1,1
35	Terganggunya siklus tidur normal	1,05
36	Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain	1,06
37	Penambahan anggota tim yang sebenarnya tidak dibutuhkan	1,03
38	Usia yang melakukan pekerjaan	1,02

(Sumber: Bell dan Holroyd, 2009)

Nilai EPCs yang tercantum pada Tabel 2.3 merupakan nilai yang diperoleh berdasarkan hasil eksperimen mengenai pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap performansi manusia dalam bekerja. Aturan untuk menentukan EPCs adalah faktor-faktor yang masuk ke dalam kategori yang dapat digunakan. Hal tersebut karena kecilnya perbandingan nilai efek terhadap *human error probability*. Dalam menentukan EPCs yang dapat mempengaruhi nilai HEP dapat dilakukan dengan menggunakan teknik expert judgement, baik dari peneliti maupun dari supervisor terkait yang telah berpengalaman terhadap SOP dan operator yang mengerjakannya. Oleh karena itu, keputusan untuk menentukan EPCs yang akan digunakan dalam proses kuantifikasi dengan metode HEART harus didasarkan

pada tingkat kritisnya suatu pekerjaan dan operator yang melakukan pekerjaan.

4. Menentukan proporsi efek atau *Assessed Proportion of Effect* (APOE) dan menghitung besarnya nilai *Assessed Effect* (AE) dari setiap EPCs yang telah diidentifikasi. Nilai *Assessed Effect* (AE) ditentukan dengan menggunakan persamaan

$$AE_i = ((\text{Max. Effect}-1) \times \text{APOE}) + \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- a. $i = \text{AE ke } i$

Nilai Max. Effect diperoleh dari Tabel 2.3

- b. Nilai APOE diperoleh dengan menggunakan teknik expert judgment, yaitu dngan mewawancarai pihak yang telah berpengalaman dalam pekerjaan yang dianalisis, misalnya supervisor terkait. Penilaian dengan cara ini adalah satu-satunya teknik yang dapat digunakan dan belum ada panduan yang jelas mengenai teknik lainnya yang lebih objektif di beberapa literatur yang membahas metode HEART. Nilai maksimum APOE setiap EPCs adalah 1 dan jumlah APOE dari semua EPCs tidak harus sama dengan 1. Nilai Assesed Proportion of effect/APOE diperoleh dari Tabel 2.4

Tabel 2.3 Kriteria menentukan (*assessed proportion of effect/APOE*)

NO	<i>Assessed Proportion</i>	Keterangan
1	0	EPC tidak berpengaruh terhadap HEP
2	0,1	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi > 5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 3 EPC yang lain
3	0,2	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi > 5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 2 EPC yang lain
4	0,3	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering

		(frekuensi > 5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 1 EPC yang lain
5	0,4	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi > 5 kali setiap shift) terjadi tanpa disertai EPC yang lain
6	0,5	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi= 2–5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 2 EPC yang lain
7	0,6	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi= 2–5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 1 EPC yang lain
8	0,7	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi= 2–5 kali setiap shift) terjadi tanpa disertai EPC yang lain
9	0,8	Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi dan disertai dengan minimal 2 EPC
10	0,9	Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi dan disertai dengan minimal 1 EPC
11	1	Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi tanpa disertai dengan EPC yang lain

Sumber : williams,, 1986

5. Menghitung total nilai AE

Total nilai AE dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Total AE} = \text{AE1} \times \text{AE2} \times \text{AE3} \times \dots \times \text{Aen} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana n adalah banyaknya AE yang diidentifikasi sebagai faktor EPCs.

6. Melakukan perhitungan nilai *Human Error Probability* (HEP).

Nilai HEP dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{HEP} = \text{Nominal HEP} \times \text{Total AE} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- a. HEP = *Human Error Probability*
- b. Nominal HEP = Nilai nominal HEP yang diperoleh dari Tabel GTT pada langkah ke-2
- Total AE = Hasil perhitungan yang diperoleh di langkah ke-5.

2.6 Metode SPAR-H (*Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment*)

2.6.1 Konsep Metode SPAR-H

SPAR-H dikembangkan oleh US Nuclear Research Commission (USNRC). Pada tahun 1994 USNRC bersama *Accident Sequence Precursor Program* (ASP) mengembangkan metode *Accident Sequence Precursor Standardized Plant Analysis Risk Model* (ASP/SPAR) yang merupakan cikal bakal dari metode SPAR-H. Metode SPAR-H sendiri dikembangkan pada tahun 1999 (German et al, 2004 pada *Review of Human Reliability Assessment Methods*, Bell dan Holyord, 2009). Metode SPAR-H diterapkan pada industry nuklir dengan aplikasi yang luas dibidang lain (Bell dan Holyord, 2009).

Metode ini menghitung probabilitas berdasarkan jenis kegiatan diagnosis dan jenis kegiatan actions. Kegiatan diagnosis merupakan kegiatan yang dilakukan pekerja yang berhubungan dengan pengalaman dan pengetahuan terhadap kondisi, perencanaan, dan pemprioritasan aktivitas dalam menjadlankan suatu kegiatan. Pekerjaan actions merupakan pekerjaan yang melakukan satu atau lebih aktivitas yang diindikasikan sebagai diagnosis, kegiatan yang berhubungan dengan prosedur peraturan, dan prosedur penulisan. Sebagai contoh pekerjaan yang termasuk pengoperasian peralatan, menjalankan pompa, melakukan pengetesan dan kalibrasi, dan mengantisipasi alarm.

Metode SPAR-H melakukan perhitungan Human Error Probabilities (HEP) berdasarkan *Performance Shaping Factors*(PSF's).PSF's dalam metode SPAR-H adalah sebagai berikut (Gertman et al, 2005):

- a. **Available time** :Waktu yang tersedia bagi operator untuk melakukan diagnosis atau aksi atas suatu kejadian
- b. **Stress** :Tingkatan dari kondisi tugas dan lingkungan yang tidak diharapkan yang mampu menghalangi pelaksanaan tugas operator
- c. **Experience dan Training**: Faktor tingkat pelatihan serta pengalaman yang dimiliki operator yang mendukung pelaksanaan tugas
- d. **Complexity** : Berkaitan dengan seberapa sulit pelaksanaan tugas dalam konteks yang ditentukan. Kompleksitas mempertimbangkan karakteristik tugas seperti mental dan physical effort yang diperlukan serta lingkungan dimana tugas dilaksanakan
- e. **Ergonomics (Human Machine Interface)**: Ergonomi berkaitan dengan peralatan, display, dan control, layout, kualitas dan kuantitas informasi yang tersedia dalam instrument serta interaksi operator dengan peralatan dalam melaksanakan tugas
- f. **Procedure**: Prosedur menjelaskan tentang keberadaan prosedur formal dalam pelaksanaan tugas
- g. **Fitness for duty**: Berkaitan dengan apakah kesehatan fisik dan mental operator cukup baik untuk melaksanakan kerja pada waktu yang ditentukan .
- h. **Work Process**:Work process menyangkut aspek pelaksanaan kerja, termasuk safety culture, perencanaan kerja, komunikasi , kebijakan, dan dukungan pihak manajemen. Ukuran work process meliputi jumlah rework, turn over, dan efisiensi.

Masing-masing PSF's memiliki kategori yang dijadikan acuan bagi observer dalam melakukan pengukuran reliabilitas yang disebut dengan multiplier dengan rincian untuk masing-masing PSF's sebagai berikut:

Tabel 2.4 Kategori Penilaian *Performance Shaping Factors* pada SPAR-H

SPAR-H PSF'S	SPAR-HPSF LEVELS	SPAR-H MULTIPLIERS
<i>Available time</i>	<i>Inadaquate time</i>	P failure= 1,0
	<i>Time available = time required</i>	10
	<i>Nominal time</i>	1
	<i>Time available ≥ 5x time required</i>	0,1
	<i>Time available ≥ 50x time required</i>	0,001
<i>Stress</i>	<i>Extreme</i>	5
	<i>High</i>	2
	<i>Nominal</i>	1
<i>Complexity</i>	<i>Highly complex</i>	5
	<i>Moderatly complex</i>	2
	<i>Nominal</i>	1
<i>Experince</i>	<i>Low</i>	3
	<i>Nominal</i>	1
	<i>High</i>	0,5
<i>Procedure</i>	<i>Not available</i>	50
	<i>Incomplete</i>	20
	<i>Availabl, but poor</i>	5
	<i>Nominal</i>	1
<i>Ergonomics</i>	<i>Missing/misleading</i>	50
	<i>Poor</i>	10
	<i>Nominal</i>	1
	<i>Good</i>	0,5
<i>Fitnes for duty</i>	<i>Unfit</i>	P failure=1,0
	<i>Degraded fitness</i>	5
	<i>Nominal</i>	1
<i>Work process</i>	<i>Poor</i>	2
	<i>Nominal</i>	1
	<i>Good</i>	0,8

Sumber: *Idaho International Laboratory 2004*

Setelah penilaian di dapatkan untuk setiap faktor, maka langkah selanjutnya menghitung *Human Error Probabilities* (HEP). Perhitungan HEP ini membagi menjadi 2 kegiatan, yaitu kegiatan diagnosis dan kegiatan aksi. Pada kegiatan yang bersifat diagnosis nilai *failure probabilities* adalah 0,01 dan untuk kegiatan yang bersifat aksi nilai *failure probabilities* adalah 0,001.

Dimana perhitungan HEP pada metode SPAR-H dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{HEP} = \text{Failure Probabilities} \times \text{Available Time} \times \text{Stress} \times \text{Complexity} \times \text{Experience} \times \text{Procedures} \times \text{Ergonomics}$$

PSF Negatif, Dalam SPAR-H, faktor pembentukan kinerja negatif (PSF) adalah nilai PSF yang meningkatkan nilai nominal, yaitu, nilai PSF lebih besar dari 1, disebut sebagai PSF negatif (German *et al*, 2005). Ketika jumlah PSF negatif tiga atau lebih besar, maka faktor penyesuaian HEP diterapkan. HEP dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{HEP} = \frac{\text{NHEP} \cdot \text{PSF composite}}{\text{NHEP} \cdot (\text{PSF composite} - 1) + 1}$$

Keterangan :

1. NHEP adalah HEP nominal. NHEP sama dengan 0,01 untuk kegiatan diagnosis, dan NHEP sama dengan 0,001 untuk kegiatan action.
2. PSF Composit dihitung dari peringkat analisis dari semua PSF yang terdapat pada lembar kerja SPAR-H. Skor PSF komposit dihitung dengan mengalikan semua nilai PSF yang ditetapkan.

Kelebihan dan kekurangan metode SPAR-H adalah sebagai berikut

(Aditya, 2014) :

1. Kelebihan
 - SPAR-H adalah metode kuantifikasi yang digunakan karena efisien, *simple*, sederhana dan tidak membutuhkan waktu pendekatan yang lama untuk mewakili tindakan dari manusia (Gertman, 2005).

- Metode SPAR-H memiliki kelebihan dalam mengkategorikan *factor* penyebab *human error* secara eksplisit dengan menggunakan 8 *Performance Shaping Factors*.
2. Kekurangan
- Tidak menggambarkan detail tingkat kesulitan pekerjaan.
 - Terdapat PSF *complexity* namun hal tersebut masih bersifat general.