

SKRIPSI

ANALISIS HUMAN ERROR PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL DENGAN METODE AHP DAN SHELL

Disusun dan diajukan oleh

ANDI A. FACHRUL ISLAM

D331 14 302



DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS HUMAN ERROR PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL DENGAN METODE AHP DAN SHELL

Disusun dan diajukan oleh

ANDI A. FACHRUL ISLAM

D331 14 302

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana, Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin pada tanggal 23 Februari 2021

UNIVERSITAS HASANUDDIN
Menyetujui

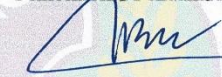
Pembimbing Utama



Surya Harivanto, ST., MT.

NIP : 197102021998021001

Pembimbing Pendamping



Baharuddin, ST., MT.

NIP : 197202021998021001

Ketua Program Studi Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Faisal Mahmudin, ST., M. Inf. Tech., M. Eng

NIP : 198102112005011003

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Andi A. Fachrul Islam

NIM : D331 14 302

Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

ANALISIS HUMAN ERROR PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL DENGAN METODE AHP DAN SHELL

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

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

Gowa, 23 Februari 2021

Yang Menyatakan



Andi A. Fachrul Islam

D331 14 302

ABSTRAK

Kecelakaan kapal masih sering terjadi di Indonesia. Dalam kurun waktu 5 (lima) tahun terakhir, Komite Nasional Kecelakaan Transportasi (KNKT) mencatatkan total ada 75 (tujuh puluh lima) kasus kecelakaan di wilayah perairan Indonesia dan 18 atau 24% kasus terjadi pada sistem permesinan kapal. Ada 3 (tiga) faktor penyebab kecelakaan kapal. Yaitu : Faktor alam, faktor teknis, dan faktor manusia. Berdasarkan laporan KNKT pada tahun 2017, setidaknya ada 66% kecelakaan disebabkan oleh faktor manusia atau faktor kesalahan manusia (*human error*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat prioritas dari faktor kesalahan manusia dan hubungannya dengan aspek-aspek terkait seperti aturan, lingkungan, peralatan, dan hubungan antar manusia itu sendiri. Metode yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode AHP (*Analytical Hierrarcy Proccess*) untuk mengetahui tingkat prioritas dari faktor-faktor kesalahan manusia dan SHELL model digunakan untuk mengetahui hubungan *human error* terhadap *software* (aturan), *hardware* (perangkat atau peralatan), *environment* (lingkungan), dan *liveware* (manusia). Dari hasil analisis pada penelitian, diperoleh bahwa Faktor Operasional yang memiliki tingkat prioritas tertinggi dengan persentase 26.6 % dan hubungan *liveware-liveware* yang paling berkontribusi sebagai penyebab kecelakaan kapal dengan kriteria “Kurangnya Pelatihan dan Pengalaman” pada Faktor Individual.

Kata Kunci : Kecelakaan Kapal, Permesinan, human error, Faktor, Kriteria, AHP, SHELL.

ABSTRACT

Maritime accidents still happened a lot in Indonesia. In the last 5 (five) years, the National Transportation Safety Committee, Republic of Indonesia (KNKT) noted that there were 75 (seventy-five) maritime accidents in Indonesia's territorial water area. There are 18 or 24% of them that happened in the ship's machinery system. There are 3 causes of why a maritime accident happened. They are: Natural factors, technical factors, and human factors. According to marine accident reports by KNKT in 2017, 66% of maritime accidents happened because of human factors or human error factor. The main objective of this research is to find out the priority levels of human error factors due to the machinery system and connecting them with their relationship with software, hardware, environment, and liveware aspects. The method was used in this research is the AHP method to find out priority levels of human errors, and the SHELL model to find their relationship with software, hardware, environment, and liveware aspects. The results showed that "Operating Factors" has the highest priority level in human errors with 26.6% percentage and the criteria "Lacks of training and experiences" in "Individual Factors" became the most contributing factors in maritime accidents caused by human errors in ship's machinery system.

Key Word : Maritime Accidents, Human Errors, Factors, Criteria, AHP, SHELL

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis, sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “ANALISIS HUMAN ERROR PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL DENGAN METODE AHP DAN SHELL” pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

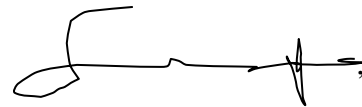
1. Bapak Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST.,M.Inf.Tech.,M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Surya Hariyanto, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Skripsi 1 yang telah berkenan membimbing dan memberi semangat selama Menyusun skripsi ini.
3. Bapak Baharuddin, ST., MT., selaku dosen Pembimbing Skripsi II yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan penulis selama menyusun skripsi dan memberikan banyak ilmu serta solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
4. Seluruh Bapak / Ibu Dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
5. Segenap staf administrasi Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu kelancaran administrasi.
6. Kedua orangtua penulis, Drs. Andi Asura, dan Dra. Isnaeni yang telah memberikan dukungan moril dan materil

7. Seluruh teman-teman, kakanda senior, dan adik-adik di Jurusan Teknik Perkapalan dan Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, yang telah menemani perjalanan penulis selama kuliah.
8. Seluruh teman-teman kosan di Sungguminasa yang selalu memberikan semangat, yaitu Iqbal, Yasir, Erwin, Irfan, dan Aldy.
9. Dan seluruh orang yang tak mungkin disebutkan satu-satu persatu, terima kasih atas seluruh bantuan moril maupun materil yang telah diberikan selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Gowa, 23 Februari 2021

Penulis



(ANDI A FACHRUL ISLAM)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xvi
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan.....	4
1.5. Manfaat.....	4
BAB II.....	5
2.1. Kecelakaan	5
2.1.1. Defenisi.....	5
2.1.2. Kecelakaan Kapal	5

2.2. Human Error.....	7
2.2.1. Pengertian	7
2.2.2. Klasifikasi Human Error.....	8
2.2.3. Penyebab <i>Human error</i>	10
2.3. Sistem Permesinan Kapal.....	11
2.3.1. Pengertian Sistem Permesinan Kapal	11
2.4. Metode AHP.....	11
2.4.1. Pengertian	11
2.4.2. Tahapan Penyusunan AHP	13
2.4.3. Penyusunan Hirarki dan Prioritas	15
2.4.4. Kelebihan dan Kekurangan Metode AHP.....	18
2.5. Aplikasi Expert Choice	20
2.6. SHELL Model	20
2.6.1. Pengertian	20
2.6.2. <i>Liveware</i>	21
2.6.3. <i>Liveware-Liveware</i>	22
2.6.4. <i>Liveware – Software</i>	22
2.6.5. <i>Liveware – Hardware</i>	23
BAB III	26
3.1. Data Penelitian	26
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	26
3.3. Identifikasi Faktor Penyebab Kecelakaan Kapal pada Sistem Permesinan.	27
3.4. Penyusunan Bagan Hirarki dalam Metode AHP.....	27

3.5.	Penyusunan Kuesioner	27
3.6.	Penyebaran Kuesioner.....	28
3.7.	Pengolahan data secara kuantitatif	28
3.8.	Klasifikasi Permasalahan dalam bentuk SHELL Model.....	28
3.9.	Analisis Data dan Pembahasan.	28
3.10.	Kesimpulan dan Saran	28
BAB IV		30
4.1.	Metode AHP.....	30
4.1.1.	Penyusunan Bagan Hirarki	30
4.1.2.	Penyusunan Kuesioner.....	39
4.1.3.	Pemilihan Responden.....	41
4.2.	Pengolahan data dengan menggunakan aplikasi <i>Expert Choice</i>	41
4.2.1.	Tahapan-tahapan sebelum melakukan perhitungan	41
4.2.2.	Tahap Perhitungan	43
4.2.2.1.	Perhitungan bobot relatif pada Faktor Kesalahan Manusia (<i>Human Error</i>) Pada Sistem Permesinan Kapal.....	44
4.2.2.2.	Perhitungan Bobot Relatif pada Faktor Operasional.....	47
4.2.2.3.	Perhitungan bobot relatif pada faktor Individual	53
4.2.2.4.	Perhitungan bobot relatif pada Faktor Lingkungan Kerja.....	57
4.2.2.5.	Perhitungan bobot relatif pada Faktor Desain dan Instalasi.....	62
4.2.2.6.	Perhitungan bobot relatif pada Faktor Manajemen	66
4.3.	Analisis Human Error dengan SHELL Model	70
4.3.2.	Klasifikasi SHELL Model	72

4.3.3.	Pendekatan SHELL Model dalam Analisis Human Error	74
4.3.3.3.	Hubungan <i>Liveware-Software</i>	74
4.3.3.3.1.	Pelaksanaan kerja tidak mematuhi SOP	75
4.3.3.3.2.	Tidak dipenuhinya rekomendasi pada tahap pembangunan dan reparasi kapal	76
4.3.3.3.3.	Kasus Kecelakaan Kapal yang Berkaitan dengan Hubungan <i>Liveware-Software</i>	76
4.3.3.4.	Hubungan <i>Liveware-Hardware</i>	77
4.3.3.4.1.	Kasus Kecelakaan Kapal yang Berkaitan dengan Hubungan <i>Liveware-Hardware</i>	78
4.3.3.5.	Hubungan <i>Liveware-Environment</i>	79
4.3.3.5.1.	Kasus Kecelakaan Kapal yang Berkaitan dengan Hubungan <i>Liveware-Environment</i>	80
4.3.3.6.	Hubungan <i>Liveware-Liveware</i>	81
4.3.3.6.1.	Kasus Kecelakaan Kapal yang Berkaitan dengan Hubungan <i>Liveware-Liveware</i>	82
BAB V	83
a.	Kesimpulan	83
b.	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Kecelakaan Kapal Menurut KNKT Tahun 2017. (Sumber : Jurnal Maritim)	2
Gambar 2. 1 Hirarki AHP	14
Gambar 2. 2. Matriks Berpasangan.....	16
Gambar 2. 3. Komponen Liveware.....	22
Gambar 2. 4 Perpotongan Komponen Liveware-Liveware	22
Gambar 2. 5. Perpotongan Komponen antara Liveware dan Software.....	23
Gambar 2. 6. Perpotongan Komponen antara Liveware dan Hardware	23
Gambar 2. 7. Perpotongan Komponen antara Liveware dan Environmental	24
Gambar 3. 1. Flow Chart Pengerjaan Tugas Akhir.....	29
Gambar 4. 1. Bagan Hirarki AHP berdasarkan hasil analisis laporan KNKT Tahun 2015-2019	38
Gambar 4. 2. Pengantar Kuesioner	39
Gambar 4. 3 Kuesioner AHP	40
Gambar 4. 4. Bagan Hirarki pada perangkat lunak Expert Choice.....	42
Gambar 4. 5. Daftar Responden pada aplikasi Expert Choice.....	43
Gambar 4. 6. Pairwise Numerical Comparisons pada Expert Choice	43
Gambar 4. 7. Nilai bobot relatif pada Faktor Kesalahan Manusia (Human Error) Pada Sistem Permesinan Kapal	45
Gambar 4. 8. Grafik perbandingan nilai fungsi pada Tujuan : Faktor Kesalahan Manusia (Human Error) Pada Sistem Permesinan Kapal	46
Gambar 4. 9. Nilai bobot relatif pada Faktor Operasional.....	48
Gambar 4. 10. Grafik perbandingan bobot relatif pada Faktor Operasional.....	49
Gambar 4. 11. Perhitungan bobot relatif pada Faktor Individual	54
Gambar 4. 12. Grafik perbandingan bobot relatif pada Faktor Individual	54
Gambar 4. 13. Perhitungan bobot relatif pada Faktor Lingkungan Kerja.....	58
Gambar 4. 14. Grafik perbandingan bobot relatif pada Faktor Lingkungan Kerja.....	58

Gambar 4. 15. Grafik perbandingan bobot relatif pada Faktor Desain dan Instalasi..	63
Gambar 4. 16. . Perhitungan bobot relatif pada faktor manajemen	67
Gambar 4. 17. Grafik perbandingan bobot relatif pada Faktor Manajemen	67
Gambar 4. 18. Grafik perbandingan nilai fungsi kriteria yang tertinggi dari setiap faktor	72
Gambar 4. 19. Komponen SHELL Model.	74
Gambar 4. 20. Grafik perbandingan Kriteria hubungan Software-Liveware dengan Kriteria tertinggi dari setiap faktor.....	75
Gambar 4. 21. Grafik perbandingan Kriteria hubungan Liveware-Hardware dengan Kriteria tertinggi dari setiap faktor.....	77
Gambar 4. 22. Grafik perbandingan Kriteria hubungan Liveware-Environment dengan Kriteria tertinggi dari setiap faktor.....	79
Gambar 4. 23. Grafik perbandingan Kriteria hubungan Liveware-Liveware dengan Kriteria tertinggi dari setiap faktor.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Skala Perbandingan Saaty.....	17
Tabel 4. 1. Tabel Kriteria dari Faktor Desain dan Instalasi	31
Tabel 4. 2. Tabel Kriteria dari Faktor Operasional.....	32
Tabel 4. 3. Tabel Kriteria dari Faktor Kondisi Lingkungan Kerja	34
Tabel 4. 4. Tabel Kriteria dari Faktor Manajemen	35
Tabel 4. 5. Tabel Kriteria dari Faktor Individual.....	36
Tabel 4. 6. Nilai fungsi dan bobot relatif pada tujuan Faktor Kesalahan Manusia (Human Error) Pada Sistem Permesinan Kapal.....	45
Tabel 4. 7. Nilai fungsi dan bobot relatif pada Faktor Operasional.....	48
Tabel 4. 8. Nilai fungsi dan bobot relatif pada Faktor Lingkungan Kerja.....	59
Tabel 4. 9. Perhitungan bobot relatif pada Faktor Desain dan Instalasi	62
Tabel 4. 10. Nilai fungsi dan bobot relatif pada Faktor Desain dan Instalasi.....	63
Tabel 4. 11. Nilai fungsi dan bobot relatif pada Faktor Manajemen.	68
Tabel 4. 12. Kriteria dari masing-masing faktor yang memiliki tingkat prioritas tertinggi.....	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kunjungan ke Kantor Otoritas Pelabuhan Utama Makassar	89
Lampiran 2. Kapal TB Anoman IX di Kantor Otoritas Pelabuhan Utama Makassar.	90
Lampiran 3. Kapal TB Anoman VIII di Kantor Otoritas Pelabuhan Utama Makassar	91
Lampiran 4. Mesin Utama TB ANOMAN IX mengalami General Overhaul.....	92
Lampiran 5 Generator TB ANOMAN IX.....	93
Lampiran 6 Kuesioner AHP.....	94
Lampiran 7 : Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Kebocoran Tabung Poros Baling-Baling di Kamar Mesin dan Meninggalnya Awak Kapal Nusantara Akbar.	105
Lampiran 8. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Kebakaran di Kapal Motor Asia Raya	106
Lampiran 9 Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Tenggelamnya Meratus Banjar 2	107
Lampiran 10. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Kebakaran di Ruang Pompa Muatan Kapuas	108
Lampiran 11 Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Tenggelamnya Kapal Dewaruci Perkasa	109
Lampiran 12. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Tenggelamnya Aisyah 08.	110
Lampiran 13. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Tenggelamnya Kapal Karamando	111
Lampiran 14 Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Ledakan dan Kebakaran di Kamar Mesin LAYAR SAMUDERA	112
Lampiran 15. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Kebakaran di Labitra Adinda	113
Lampiran 16. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Terbakarnya SPOB Srikandi 511.....	114

Lampiran 17. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Tubrukan Harapan Baru Express	115
Lampiran 18. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Kebakaran di Kamar Mesin BSP – I	116
Lampiran 19. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Ledakan di Gili Cat II.....	117
Lampiran 20. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Terbakarnya KM Cantika Lestari 77	118
Lampiran 21. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Tenggelamnya KM Dharma Kencana VIII.....	119
Lampiran 22. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Terbakarnya Generator Set KM New Glory.....	120
Lampiran 23. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Kebakaran di KM Otong Kosasih.....	121
Lampiran 24. Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT : Kebakaran di Kamar Mesin MT. Nusa Bintang.....	122
Lampiran 25 Laporan Kecelakaan Kapal dari KNKT - Kebakaran Amelia-1	123
Lampiran 26 - Data Responden	124

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : ANALISIS HUMAN ERROR PADA SISTEM
PERMESINAN KAPAL DENGAN METODE AHP DAN SHELL

Nama Mahasiswa : ANDI A. FACHRUL ISLAM

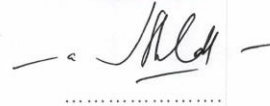
NIM : D331 14 302

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Panitia Ujian Sarjana

Tanda Tangan

Ketua : Surya Hariyanto, ST., MT.
NIP : 19710202 200012 1 001



Sekretaris : Baharuddin, ST., MT.
NIP : 19720202 199802 1 001



Anggota : Rahimuddin, ST., MT., Ph.D
NIP : 19710825 199903 1 002



Anggota : Andi Husni Sitepu, ST., MT.
NIP : 19770217 200112 1 001



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai salah satu negara maritim, peran sektor perhubungan sangatlah penting untuk menunjang aktivitas perekonomian dari satu daerah ke daerah yang lain, khususnya untuk perhubungan laut. Dalam era industri dan perkembangan infrastruktur yang sangat berkembang ini, peran tersebut sangat diperlukan berkaitan dengan tantangan yang akan dihadapi yang semakin hari semakin meningkat.

Aktivitas laut yang meningkat setiap harinya diiringi dengan arus perdagangan bebas dunia membuat alur perdagangan memerlukan kapal sebagai sarana distribusi barang. Permintaan kebutuhan akan kapal menyebabkan tingginya tingkat produksi kapal setiap tahunnya. Jumlah kapal yang semakin banyak menyebabkan padatnya *traffic* pada lautan sehingga menimbulkan potensi terjadinya kecelakaan kapal.

Adapun jenis jenis kecelakaan kapal yang saat ini telah diidentifikasi adalah : Kebocoran, hanyut, kandas, kerusakan konstruksi dan mesin, meledak, tabrakan, miring, tenggelam, terbakar, terbalik, dan tubrukan. Adapun penyebab dari kecelakaan tersebut, tidak lepas dari tiga faktor, yaitu : Faktor alam, faktor teknis, dan faktor manusia. Faktor alam disebabkan oleh cuaca buruk, faktor manusia disebabkan oleh kelalaian manusia termasuk awak kapal dan/ atau penumpang kapal, dan faktor teknis disebabkan oleh kesalahan-kesalahan dalam proses perencanaan, pembuatan dan pengoperasian kapal, baik pada konstruksi kapal maupun pada sistem permesinan kapal.



Gambar 1. 1 Data Kecelakaan Kapal Menurut KNKT Tahun 2017. (Sumber : Jurnal Maritim)

Berdasarkan data dari KNKT pada gambar di atas, pada tahun 2017 dapat kita lihat bahwa 66% penyebab kecelakaan kapal di Indonesia disebabkan oleh *Human Error*, dan sisanya disebabkan oleh faktor teknis dan faktor alam. Bisa disimpulkan bahwa faktor manusia menjadi faktor yang paling dominan pada kasus kecelakaan kapal.

Mengingat ada 66% faktor manusia yang mengakibatkan terjadinya kecelakaan kapal, penulis dapat mengambil hipotesa bahwa terjadinya kecelakaan kapal disebabkan oleh kesalahan awak kapal dalam mengoperasikan sistem-sistem yang terdapat di dalam kapal, termasuk sistem permesinan. Dari data pada gambar di atas, memang belum dapat dipastikan penyebab terjadinya kecelakaan. Tetapi, dengan menganalisis potensi-potensi dari sistem-sistem yang ada pada kapal ini, termasuk sistem permesinan, kita dapat mengetahui kesalahan awak kapal dalam mengoperasikan sistem-sistem yang ada di kapal. Dalam kasus ini sistem permesinan

kapal, merupakan salah satu sistem yang vital di kapal, yang dimana jika sistem ini mengalami kegagalan atau *failure*, tentunya akan menyebabkan terjadinya kecelakaan kapal.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis akan menganalisis human error pada sistem permesinan kapal yang berpengaruh dalam kecelakaan dalam wilayah perairan Indonesia dengan metode pendekatan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dan SHEL (*Software, Hardware, Environmental, and Liveware*) . Metode tersebut dipilih untuk menganalisis evaluasi kinerja dan perilaku manusia terhadap sistem permesinan di kapal. Dalam model ini, metode AHP digunakan untuk mengklasifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kapal yang diakibatkan oleh sistem permesinan, sedangkan metode SHEL digunakan untuk melakukan pendekatan terhadap faktor *human error*.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun permasalahan pokok yang melatarbelakangi penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana penyusunan bagan/*chart* hirarki untuk mengklasifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan kapal yang disebabkan oleh sistem permesinan?
2. Bagaimana menyusun tingkat prioritas penyebab kecelakaan ?
3. Bagaimana mengklasifikasikan *human error* dan kaitannya dengan aturan, perangkat, lingkungan, dan manusia ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberikan pada tugas akhir ini adalah :

1. Analisis human error pada sistem permesinan hanya dibatasi pada mesin induk dan sistem pendukungnya di dalam kapal.
2. Pengumpulan data komponen permesinan kapal dilakukan di dalam kapal.
3. Analisis SHELL model hanya difokuskan untuk penilaian faktor *human error*.

1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui faktor-faktor penyebab kecelakaan kapal pada sistem permesinan.
2. Mengetahui tingkat prioritas penyebab kecelakaan kapal pada sistem permesinan.
3. Mengetahui *human error* dan kaitannya dengan aturan (*software*), perangkat (*hardware*), lingkungan (*environment*), dan manusia (*liveware*).

1.5. Manfaat

Penelitian ini diharapkan memiliki banyak manfaat untuk berbagai pihak. Adapun harapan dari penulis semoga penelitian ini memiliki manfaat yaitu :

1. Memberikan informasi mengenai sistem-sistem permesinan di kapal
2. Memberikan kontribusi terhadap pihak-pihak terkait tentang hal-hal yang berkaitan dengan kecelakaan pada kapal.
3. Sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan sistem instalasi permesinan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kecelakaan

2.1.1. Defenisi

Kecelakaan adalah suatu kejadian tidak pasti yang tidak dapat diprediksi dimana tempatnya, kapan waktunya, serta besar atau kecilnya akibat yang ditimbulkan. Sehingga orang sering beranggapan bahwa kecelakaan tersebut berhubungan dengan nasib seseorang, baik korban atau pelaku yang terlibat dalam insiden kecelakaan tersebut. Terlepas dari alasan tersebut, sejatinya, kecelakaan selalu bermula oleh gejala-gejala yang terlihat sebelum kecelakaan tersebut, dengan kata lain, penyebab kecelakaan tersebut bisa ditemukan. (Katia, 2009)

2.1.2. Kecelakaan Kapal

Kecelakaan kapal adalah kejadian pada kapal yang tidak diinginkan sehingga memberi dampak yang berbahaya bagi penumpang, kapal itu sendiri, dan lingkungan sekitar. (Rahman et al., 2017)

2.1.2.1. Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kapal

Kecelakaan kapal yang mengakibatkan banyak kerugian harta benda dan menelan korban jiwa terjadi terus-menerus selama beberapa tahun ini. Ada beberapa penyebab kecelakaan kapal yaitu (Anisa, 2017) :

1. Faktor manusia

Faktor manusia adalah faktor yang paling dominan dari faktor-faktor lainnya. Faktor manusia yang mengakibatkan kecelakaan kapal meliputi:

- Kecerobohan di dalam mengoperasikan kapal,

- Kurangnya kemampuan awak kapal untuk menguasai dan mengatasi berbagai permasalahan yang nantinya muncul dalam operasional kapal.
- Pengangkutan muatan yang berlebihan secara sadar.

2. Faktor teknis

Faktor teknis umumnya terkait dengan ketidakcermatan di dalam perencanaan kapal, Perawatan kapal yang tidak sesuai jadwal sehingga mengakibatkan kapal atau bagian-bagiannya mengalami kerusakan sehingga menyebabkan kapal tersebut mengalami kecelakaan, terbakarnya kapal, dan lain-lain.

3. Faktor alam

Faktor alam meliputi cuaca buruk merupakan salah satu dari permasalahan yang sering dinyatakan sebagai penyebab utama dalam kecelakaan di laut. Permasalahan yang biasanya dialami adalah, gelombang tinggi yang dipengaruhi oleh badai, arus aliran air yang besar, kabut yang menyebabkan jarak pandang menjadi terbatas.

2.1.2.2. Jenis – Jenis Kecelakaan Kapal.

Adapun jenis-jenis kecelakaan kapal diantara lain :

- 1. Kapal Terbakar
- 2. Kapal Tenggelam
- 3. Kapal Meledak
- 4. Kapal Kandas
- 5. Tubrukan Kapal

2.2. Human Error

2.2.1. Pengertian

Definisi *human error* dapat dinyatakan sebagai perilaku atau keputusan manusia yang kurang tepat yang berpotensi mengurangi efektivitas, performa, atau keselamatan sistem. Dua hal yang dicatat dalam definisi ini adalah error didefinisikan sebagai dampak yang tidak diinginkan atau memberikan efek potensial terhadap sistem atau manusia dan error dapat memengaruhi secara potensial sistem dan manusia. (Harahap, 2012)

Human error sangat sering dihubungkan sebagai faktor utama yang paling dominan menjadi penyebab terjadinya suatu kecelakaan. Bagi masyarakat awam, kumpulan berita kecelakaan transportasi yang disebabkan oleh *human error* sering ditafsirkan sebagai kesalahan operator dari sistem tersebut seperti masinis, nakhoda, supir, pilot, dan lainnya. Persepsi ini kurang tepat, mengingat ada banyak faktor dan aspek-aspek lain yang mungkin secara langsung maupun tidak mendorong seorang operator melakukan tindakan yang tidak tepat. (Widyasto, 2015)

Error sendiri secara umum didefinisikan sebagai kegagalan untuk menampilkan suatu perbuatan yang benar dan diinginkan pada suatu keadaan. *Error* ini hanya akan terjadi jika ada pemerhatian yang benar, untuk menanggapi sebuah kejadian yang diamati, sedangkan tindakan atau eksekusi akhir yang dilakukan tidak menghasilkan *output* sesuai dengan apa yang diinginkan. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa jika hasil akhir atau *output* dari *error* berupa kejadian, maka nantinya terdapat peristiwa yang dapat diobservasi. *Error* ini tidak dibatasi oleh *output* yang serius maupun yang buruk. (Widyasto, 2015)

Kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia kemungkinan penyebabnya adalah pekerjaan yang berulang-ulang (*repetitive work*) dengan *error probability* sebesar 1% (Iftikar Z. Sutalaksana, 1979). Terdapatnya kesalahan yang terjadi karena

disebabkan oleh pekerjaan-pekerjaan yang berulang ini, sebisa mungkin harus dikurangi atau dicegah, dengan tujuan untuk meningkatkan keandalan seseorang pada sebuah sistem dengan menurunkan 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. (Widyasto, 2015)

Sedangkan yang dimaksud dengan kecelakaan adalah kejadian yang tidak direncanakan, diharapkan, maupun diinginkan dan biasanya menghasilkan keluaran yang kurang baik. *Error* sendiri merupakan kejadian secara psikologis yang disebabkan oleh faktor kejiwaan, sehingga ada kemungkinan bahwa keseluruhan atau sebagian *error* yang terjad tersebut tidak teridentifikasi. (Harahap, 2012)

2.2.2. Klasifikasi Human Error

Klasifikasi *human error* dapat digunakan dalam pengumpulan data tentang human error serta memberikan panduan yang berguna untuk menyelidiki sebab terjadinya human error dan cara untuk mengatasinya. Klasifikasi human error menurut Swain dan Guttman (1983) adalah sebagai berikut (Harahap, 2012):

1. *Error of Omission* yaitu kesalahan karena lupa melakukan sesuatu. Contohnya seorang montir listrik terkena sengatan listrik karena lupa memutuskan arus listrik yang seharusnya diputus sebelum melakukan pekerjaan tersebut.(Harahap, 2012)
2. *Error of Commission* yaitu ketika mengerjakan sesuatu tetapi tidak dengan cara yang benar. Contohnya, seharusnya seorang mekanik menyalakan *conveyor* dengan kecepatan yang sedang, tetapi karena kehilangan keseimbangan, kesalahan dilakukan mekanik tersebut dengan menyalakan kecepatan penuh pada *conveyor* tersebut.(Harahap, 2012)

3. *A Sequence Error* yaitu kesalahan karena melakukan pekerjaan tidak sesuai dengan urutan. Contohnya, seorang operator seharusnya melakukan pekerjaan dengan urutan mengangkat baru memutar benda yang diangkat. Namun yang terjadi, sang operator memutar benda terlebih dahulu tanpa mengangkatnya, akibatnya benda tersebut terbalik dan menimpa sang operator. (Harahap, 2012)
4. *A Timing Error* yaitu kesalahan yang terjadi ketika seseorang gagal melakukan pekerjaan dalam waktu yang telah ditentukan, baik karena respon yang terlalu lama ataupun respon yang terlalu cepat. Contohnya, seorang operator harusnya menjauhkan tangannya dari suatu mesin, namun karena respon dari operator terlalu lama, sang operator gagal menjauhkan tangannya diwaktu yang telah ditentukan dan menyebabkan kecelakaan serius.(Harahap, 2012)

Sedangkan menurut Iftikar Z. Sutralaksana, klasifikasi human error adalah sebagai berikut (Widyasto, 2015):

1. *Sistem Induced Human Error*. Dimana mekanisme suatu sistem memungkinkan manusia melakukan kesalahan, misalnya manajemen yang tidak menerapkan disiplin secara baik dan ketat.
2. *Design 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.

2.2.3. Penyebab *Human error*

Menurut Atkinson (1998), sebab-sebab human error dapat dibagi menjadi (Khilbran & Sakti, 2019):

1. Sebab-sebab primer

Sebab-sebab primer adalah sebab-sebab human error pada tingkat individu. Untuk mengurangi kesalahan pada tingkat ini, ahli teknologi menganjurkan pengukuran yang berhubungan kepada individu, misalnya meningkatkan skill melalui pelatihan, pendidikan, dan seleksi pemilihan personil (Sriskandan,1986) dalam Atkinson (1998). Walaupun seperti itu, saran tersebut tidak mampu mengatasi kesalahan yang disebabkan oleh kelalaian dan penipuan.

2. Sebab sebab manajerial

Penekanan kontribusi dari pelaku secara individual dalam melakukan kesalahan merupakan suatu hal yang kurang tepat. Kesalahan atau kelalaian merupakan sesuatu yang tidak dapat dihindarkan. Pendidikan dan pelatihan memiliki efek yang sangat terbatas, dan kelalaian akan selalu terjadi, tidak ada satupun bukti penekanan bahwa penggunaan teknologi yang secara benar akan mencegah terjadinya sebuah kesalahan. Fakta ini telah diakui secara meluas pada *Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations*, dalam literatur kesalahan industri yang beresiko tinggi (Kletz,1985; ACSNI,1993) dikutip dari Atkinson (1998). Karena itu, peranan manajemen untuk memastikan bahwa para pekerja melakukan pekerjaan dengan sebenar-benarnya, untuk memastikan bahwa sumber daya yang tersedia pada saat dibutuhkan dan untuk mengaplikasikan tanggungjawab secara akurat diantara pekerja yang terlibat.

3. Sebab-sebab global

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

2.3. Sistem Permesinan Kapal

2.3.1. Pengertian Sistem Permesinan Kapal

Pada dasarnya kapal terdiri atas beberapa sistem-sistem di dalamnya , yaitu sistem permesinan kapal yang berperan sebagai alat penggerak kapal, sistem kelistrikan yang berfungsi sebagai suplai listrik yang dibangkitkan oleh generator dan disalurkan melalui kabel-kabel menuju ke suatu sistem panel untuk berbagai keperluan misalnya untuk peralatan navigasi, penerangan dan penggerak pompa, dan sistem distribusi fluida yang melayani penyaluran fluida dari tempat yang satu ke tempat lainnya pada kapal (Narto et al., 2018) .

Adapun sistem-sistem yang mempengaruhi pengoperasian mesin induk pada sistem permesinan kapal adalah (Narto et al., 2018)

1. Fuel system (sistem bahan bakar)
2. Fresh water and sea water system (sistem air pendingin (air laut/air tawar)
3. Air starting system (sistem udara start)
4. Lubricating oil system (sistem pelumasan)
5. Exhaust system (sistem gas buang)
6. Sistem elektrik/pneumatic

Kebutuhan-kebutuhan diatas harus diperhitungkan dengan benar agat tidak terjadi kesalahan dan berakibat fatal. Tentunya Main Engine dan Generator set sebagai pembangkit listrik di kapal harus direncanakan dengan berbagai pertimbangan yang berdasarkan regulasi dan perhitungan yang matang (Narto et al., 2018).

2.4. Metode AHP

2.4.1. Pengertian

Analitycal Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Saaty, adalah sebuah pendekatan metodologis yang bisa diterapkan untuk proses pengambilan keputusan dalam masalah yang sangat kompleks yang di dalamnya melibatkan banyak skenario, kriteria, dan peran. (Uurlu et al., 2015)

Metode AHP menggunakan sebuah model hirarki yang terdiri dari tujuan, kelompok-kelompok alternatif atau faktor, dan kelompok-kelompok kriteria yang menghubungkan alternatif kepada tujuan, dan menghitung kepentingan-kepentingan hubungan dari kriteria, alternatif, dan tujuan dengan membuat perbandingan-perbandingan berpasangan. (Nasibu, 2009)

Dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas dari proses pengambilan keputusan, metode AHP banyak digunakan untuk proses pengambilan keputusan dengan multi kriteria (Munthafa & Mubarak, 2017)

AHP dapat digunakan untuk menjabarkan skala perbandingan dari beberapa perbandingan-perbandingan berpasangan yang bersifat kontinu maupun diskrit. Perbandingan-perbandingan tersebut diperoleh dengan pengukuran relatif maupun pengukuran aktual dari tingkat perasaan atau kepentingan. Dengan demikian, metode ini sangat efektif untuk membantu memperoleh skala perbandingan dari hal-hal yang pada dasarnya sulit untuk diukur seperti perasaan, pendapat, kepercayaan dan perilaku. (Saaty,2001)

AHP seringkali dipilih sebagai metode memecahkan masalah dibandingkan dengan metode-metode lain dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- A. Struktur yang berbentuk hirarki, sebagai bentuk konsekuensi dari kriteria - kriteria yang digunakan, sampai kepada subkriteria yang paling bawah.
- B. Menghitung tingkat validitas sampai pada batas toleransi dari inkonsistensi pada berbagai alternatif dan kriteria yang digunakan oleh pengambil keputusan.

C. Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan

Analytic Hierarchy Process (AHP) mempunyai landasan aksiomatik yang terdiri dari (Widyasto, 2015):

- 1) *Resiprocal Comparison*, yang berarti bahwa matriks perbandingan berpasangan yang telah disusun harus memiliki sifat berkebalikan. Misalnya, jika A adalah x kali lebih penting dari pada B, maka B adalah $1/x$ kali lebih penting dari A.
- 2) *Homogeneity*, yaitu sama dalam sifat untuk melakukan perbandingan. Misalnya, tidak mungkin membandingkan bola kasti dengan jeruk dalam hal rasa, akan tetapi akan lebih relevan jika membandingkan hal tersebut dalam berat.
- 3) *Dependence*, yang berarti setiap tingkat memiliki kaitan (*complete hierarchy*) meskipun mungkin saja terjadi hubungan yang kurang sempurna (*incomplete hierarchy*).
- 4) *Expectation*, yang berarti memusatkan penilaian yang bersifat preferensip dan ekspektasi dalam mengambil keputusan. Penilaian dapat merupakan data kuantitatif maupun yang bersifat kualitatif.

2.4.2. Tahapan Penyusunan AHP

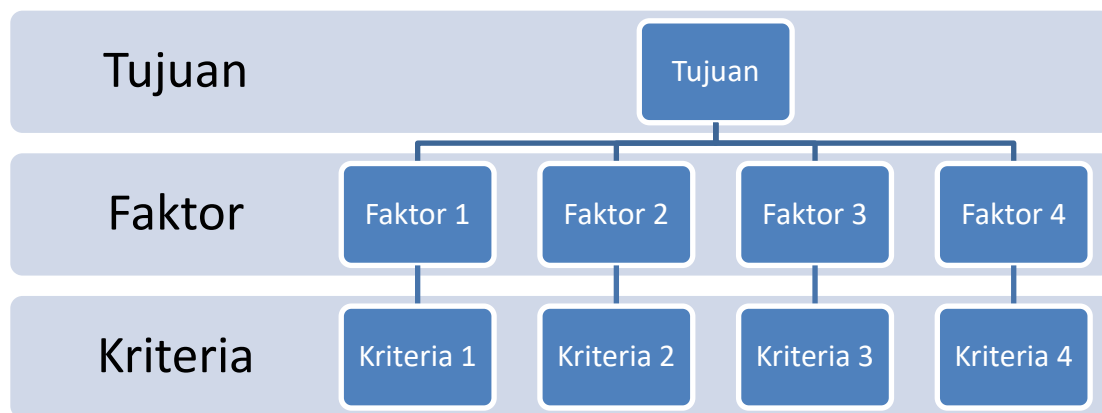
Dalam menyelesaikan permasalahan menggunakan metode AHP, ada beberapa prinsip-prinsip dasar yang perlu diketahui, antara lain (Widyasto, 2015).

1. Decomposition

Decomposition adalah membagi atau memecahkan masalah yang masih utuh menjadi unsur - unsurnya ke dalam bentuk hirarki pada proses pengambilan keputusan, dimana setiap elemen atau unsur akan saling berhubungan. Struktur hirarki pada keputusan tersebut bisa dikategorikan sebagai *incomplete* dan *complete*. Sebuah hirarki keputusan dapat disebut *complete* jika keseluruhan elemen pada suatu tingkat memiliki hubungan kepada elemen-elemen yang ada pada tingkat berikutnya, sementara hirarki

keputusan dikatan incomplete pada kebalikan dari hirarki yang komplit. Bentuk struktur dekomposisi yakni

- Tingkat pertama : Tujuan keputusan(Goal)
- Tingkat kedua : Faktor—Faktor
- Tingkat Ketiga : Kriteria – Kriteria



Gambar 2. 1 Hirarki AHP

2. *Comparative Judgement*

Comparative Judgement merupakan hal yang paling inti dari penerapan metode AHP, karena akan diperoleh pengaruh tingkat tinggi-rendahnya prioritas dari semua elemen yang terdapat di dalamnya. Hasil yang diperoleh berdasarkan penilaian tersebut diperlihatkan melalui matriks berbentuk *pairwise comparisons* atau matriks perbandingan berpasangan yang berisikan tingkat preferensi dari beberapa alternatif untuk setiap kriteria. Skala preferensi yang dipakai adalah angka 1 yang menunjukkan

tingkat kriteria yang sangat rendah (*equal importance*) hingga angka 9 yang menunjukkan tingkat kriteria yang sangat tinggi (*extreme importance*).

3. *Synthesis of Priority*

Synthesis of Priority dilakukan dengan cara menggunakan vector eigen method untuk mendapatkan nilai bobot relatif dari unsur—unsur dalam pengambilan keputusan.

4. *Logical Consistency*

Logical Consistency dilakukan dengan menghitung seluruh vector eigen yang diperoleh dari berbagai tingkatan hirarki dan selanjutnya diperoleh suatu vektor composite tertimbang yang menghasilkan urutan pengambilan keputusan.

2.4.3. Penyusunan Hirarki dan Prioritas

Langkah-langkah yang dilakukan pada metode AHP adalah sebagai berikut(Widyasto, 2015):

1. Mendefinisikan Masalah dan Menentukan Solusi

Dalam sesi ini kita berupaya memastikan kasus yang hendak kita pecahkan secara perinci, jelas serta gampang dimengerti. Dari kasus tersebut, dicoba memastikan penyelesaian yang sesuai buat permasalahan tersebut. Penyelesaian dari masalah- masalah tersebut dapat berjumlah lebih dari satu. Pemecahan tersebut nantinya hendak dibesarkan lebih lanjut dalam tahap selanjutnya.

2. Membuat Struktur Hirarki

Sehabis menyusun tujuan pada tingkat paling atas, selanjutnya disusun tingkat hirarki yang terletak di bawahnya, yaitu seperti faktor serta kriteria yang sesuai untuk memperhitungkan ataupun mempertimbangkan alternatif yang diberikan serta memastikan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang dapat saja berbeda. Hirarki dilanjutkan dengan subkriteria(bila bisa jadi dibutuhkan).

3. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Matriks yang digunakan haruslah bersifat sederhana, tetapi memiliki kedudukan kuat untuk kerangka konsistensi, mendapatkan informasi lain yang mungkin dibutuhkan dengan semua perbandingan yang mungkin dan mampu menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk perubahan pertimbangan. Pendekatan dengan matrik mencerminkan aspek ganda dalam prioritas yaitu mendominasi dan didominasi.

Tujuan				
Kriteria	A	B	C	D
A				
B				
C				
D				

Gambar 2. 2. Matriks Berpasangan

Perbandingan dilakukan berdasarkan judgment dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan dipilih sebuah kriteria dari level paling atas hirarki misalnya K dan kemudian dari level di bawahnya diambil elemen yang akan dibandingkan misalnya E1, E2, E3, E4, dan E5.

4. Mendefinisikan perbandingan berpasangan

Hasil perbandingan dari masing-masing elemen akan berupa angka dari 1 sampai 9 yang menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen. Apabila suatu elemen dalam matrik dibandingkan dengan dirinya sendiri maka hasil perbandingan diberi nilai 1. Skala 9 telah terbukti dapat diterima dan bisa membedakan intensitas antar elemen. Hasil perbandingan tersebut diisikan pada sel yang bersesuaian dengan elemen yang dibandingkan. Skala perbandingan perbandingan berpasangan dan maknanya yang diperkenalkan oleh Saaty bisa dilihat di bawah.

Tabel 2. 1. Skala Perbandingan Saaty

Intensitas Kepentingan	Definisi Verbal	Penjelasan
1	Kedua elemen sama Pentingnya	Kedua elemen yang sama terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada yang lain.	Pengalaman dan pertimbangan sedikit memihak pada sebuah elemen dibanding elemen lainnya
5	Elemen yang mempunyai tingkat kepentingan yang kuat terhadap yang lain, jelas lebih penting dari elemen yang lain.	Pengalaman judgment secara kuat memihak pada sebuah elemen dibandingkan elemen lainnya.
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya.	Satu elemen dengan disukai, dan dominasinya tampak dalam praktek.
9	Satu elemen mutlak lebih dari elemen lainnya.	Bukti bahwa satu element penting dari element lainnya adalah dominan
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai tengah diantara dua pertimbangan yang berdampingan	Nilai ini diberikan bila diperlukan adanya dua pertimbangan

Bila komponen I mendapat salah satu nilai, saat dibandingkan dengan elemen J, maka elemen J mempunyai nilai kebalikannya saat dibandingkan dengan elemen J.

5. Menghitung Nilai Eigen dan Uji Konsistensi

Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.

6. Mengulangi Langkah 3,4, dan 5

Pengulangan dilakukan untuk seluruh tingkat hirarki

7. Menghitung Vektor Eigen

Menghitung vektor eigen dari setiap matrik perbandingan berpasangan

yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan. Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matrik, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matrik, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris serta membaginya dengan jumlah elemen agar diperoleh rata-rata.

8. Memeriksa konsistensi hirarki

Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat index konsistensi. Konsistensi yang diharapkan merupakan yang mendekati sempurna supaya menciptakan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10% (< 0.1).

2.4.4. Kelebihan dan Kekurangan Metode AHP

Layaknya sebuah metode analisis, AHP pun memiliki kelebihan dan kelemahan dalam sistem analisisnya. Kelebihan-kelebihan analisis ini adalah (Munthafa & Mubarak, 2017) :

1. Kesatuan (*Unity*)

AHP membuat kasus yang luas serta tidak terstruktur jadi sesuatu model yang fleksibel serta gampang dimengerti.

2. Kompleksitas (*Complexity*)

AHP memecahkan kasus yang rumit melalui pendekatan sistem dan pengintegrasian secara deduktif

3. Saling Ketergantungan (*Inter Dependence*)

AHP bisa digunakan pada elemen- elemen sistem yang saling leluasa serta tidak membutuhkan ikatan linier.

4. Struktur Hirarki (*Hierarchy Structuring*)

AHP menggunakan cara berpikir alamiah yang mengelompokkan elemen sistem ke tingkat yang berbeda dari setiap tingkatan yang berisi elemen serupa.

5. Pengukuran (*Measurement*)

AHP menyediakan skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas.

6. Konsistensi (*Consistency*)

AHP melakukan pertimbangan terhadap konsistensi yang logis dalam menilai penentuan prioritas.

7. Sintesis (*Synthesis*)

AHP mengacu pada estimasi secara menyeluruh mengenai seberapa diinginkannya dari setiap alternatif.

8. *Trade Off*

AHP mempertimbangkan prioritas relatif faktor-faktor pada sistem sehingga orang mampu memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan mereka.

9. Penilaian dan Konsensus (*Judgement and Consensus*)

AHP tidak membuat keharusan adanya sebuah konsensus, tetapi menggabungkan hasil penilaian yang berbeda.

10. Pengulangan Proses (*Process Repetition*)

AHP dapat menyaring sebuah definisi berdasarkan suatu masalah dan

mengembangkan sebuah penilaian dan pengertian dari permasalahan tersebut melalui proses pengulangan.

Sedangkan kelemahan metode AHP adalah sebagai berikut (Munthafa & Mubarok, 2017):

- Ketergantungan AHP terhadap input utamanya. Input utama merupakan persepsi dari seseorang atau beberapa ahli sehingga hal ini menyangkut subyektifitas dari para ahli.
- Metode AHP merupakan metode matematis tanpa adanya penelitian secara statistik sehingga tidak ada batas dari kebenaran model yang dihasilkan.

2.5. Aplikasi Expert Choice

Expert choice merupakan aplikasi khusus yang berfungsi sebagai alat bantu implementasi model dalam Decision Support System (DSS) atau Sistem Penunjang Keputusan (SPK). Perhitungan matriks perbandingan berpasangan (pairwise numerical comparison) dapat dilakukan menggunakan aplikasi Expert Choice ini. Data yang dimasukkan merupakan hasil penilaian responden. Beberapa fungsi yang dapat dilakukan menggunakan aplikasi expert choice adalah :Perencanaan strategi

- Teknologi informasi dalam pemilihan keputusan
- Manajemen risiko
- Seleksi sumber data
-

2.6. SHELL Model

2.6.1. Pengertian

Jika pada teori sebelumnya lebih dijelaskan tentang kesalahan sistem-sistem secara makro yang menjadi alasan penyebab dari suatu kecelakaan, Dalam SHELL model ini dijelaskan mengenai individu sejatinya akan bertindak selamat karena setiap individu memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Menurut SHELL model, penyebab kecelakaan diakibatkan oleh berbagai macam faktor. Karena perbedaan karakteristik tersebut, maka manusia diharapkan mampu mencocokkan diri dan beradaptasi dengan berbagai faktor yang berhubungan dengan pekerjaannya agar tidak berakibat kecelakaan sehingga bukan hanya manusia yang dapat menjadi penyebab utama kecelakaan (Widyasto, 2015).

Konsep SHELL Model (*Software, Hardware, Environment, dan Liveware*) pertama kali ini ditemukan oleh Edwards di tahun 1972, dengan dikembangkan oleh Hawkins pada tahun 1987 (Itoh & Mitomo, 2004).

SHELL model adalah model konseptual yang mencoba mengindikasikan interaksi antara berbagai macam komponen sebuah sistem dan operatornya. SHELL model terdiri dari empat komponen : *Software* (Aturan, panduan, manual, dan regulasi, dll), *Hardware* (Peralatan, perlengkapan, alat, dll.), *Environment* (Faktor fisik), *Liveware* (Manusia dan Hubungan antar manusia) (Itoh & Mitomo, 2004).

2.6.2. Liveware

Fokus utama dalam model ini yaitu manusia atau *liveware* itu sendiri disebabkan komponen ini yang paling fleksibel di dalam sistem. Jadi komponen lainnya dalam sistem mesti agak waspada dalam hubungannya dengan komponen ini agar *error* dapat dihindarkan . Namun dari segala komponen pada model, komponen ini yang sangat susah diprediksi dan sangat rentan dengan aspek-aspek internal (motivasi, kelelahan, stress, rasa lapar, dll) dan aspek-aspek internal (beban pekerjaan, pencahayaan, keamanan, kebisingan,dll) berubah (Widyasto, 2015).



Gambar 2. 3. Komponen *Liveware*.

2.6.3. *Liveware-Liveware*

Merupakan hubungan komponen dengan *Liveware* atau hubungan antar sesama manusia yang menyebabkan pengaruh pada sistem. Yang perlu menjadi perhatian adalah pada sistem ini adalah hal-hal yang menyangkut kepemimpinan, interaksi antar personal dan kerja sama dalam tim. Termasuk program-program saat pengoperasian sistem seperti *Team Resource Management (TRM)*, *ATC equivalent*, *Crew Resource Management (CRM)*, dan lainnya.



Gambar 2. 4 Perpotongan Komponen *Liveware-Liveware*

2.6.4. *Liveware – Software*

Hubungan *liveware-software* menggambarkan berbagai komponen seperti kebijakan, aturan, panduan, manual, regulasi, dan lain-lain yang menentukan cara bagaimana komponen-komponen dalam suatu sistem bisa berinteraksi satu sama lain dalam lingkungan eksternal (Itoh & Mitomo, 2004).



Gambar 2. 5. Perpotongan Komponen antara *Liveware* dan *Software*

2.6.5. *Liveware – Hardware*

Hubungan *liveware-hardware* menunjukkan segala benda fisik dan bukan manusia yang ada pada sebuah sistem seperti peralatan, kendaraan, perlengkapan, tanda, dll ((Itoh & Mitomo, 2004). Hubungan dua komponen ini menunjukkan hal yang paling sering diperhatikan ketika berbicara tentang hubungan antara mesin dengan manusia dalam suatu sistem. Contohnya pengaruh desain kursi agar dapat sesuai dengan kenyamanan dari pengguna (Widyasto, 2015)



Gambar 2. 6. Perpotongan Komponen antara *Liveware* dan *Hardware*

2.6.6. *Liveware-Environmental*

Hubungan dari *Liveware-Environment* berkaitan dengan hal-hal yang mungkin tidak bisa dikontrol oleh peran manusia. Seperti kondisi alam yang berupa suhu, cuaca, dll saat suatu sistem sedang beroperasi. Tetapi pada saat ini manusia telah mencoba melengkapi perencanaan sebuah sistem dengan teknologi yang dapat mengantisipasi dampak dari berbagai macam peristiwa alam, seperti intensitas cahaya, radas, dan kebisingan. Dalam hubungan antar *Liveware-Environment* ini terlibat berbagai macam disiplin ilmu antara lain : psikologi,

fisika, teknik, dan fisiologi (Widyasto, 2015).



Gambar 2. 7. Perpotongan Komponen antara *Liveware* dan *Environmental*