

ANALISIS HUMAN ERROR TERHADAP PERALATAN KOMUNIKASI DAN NAVIGASI PADA KAPAL

Nama Mahasiswa : Mohammad Vath Allam
NRP : 4209 100 003
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Pembimbing : 1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
2. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T, M.T.

Abstrak

Kecelakaan kapal banyak terjadi di Indonesia. Salah satu penyebabnya adalah volume lalu lintas kapal yang tinggi seperti pada alur pelayaran Selat Bali. Menurut data KNKT lebih dari 80% kecelakaan disebabkan oleh human error. Tujuan utama dari penulisan tugas akhir adalah untuk menganalisis seberapa besar nilai human error berpengaruh terhadap kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi. Setelah mengetahui seberapa besar nilai human error berpengaruh terhadap kecelakaan kapal, maka selanjutnya akan di analisis mengenai faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi human error. Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kombinasi dari metode AHP (Analytical Hierarchy Process) dan SHELL Model, sehingga dapat diketahui seberapa besar nilai human error dan apa saja penyebabnya. Dari hasil analisis diketahui bahwa nilai human error terhadap kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi sebesar 19.5% dan nilai terbesar yang mempengaruhi human error adalah kondisi psikis dengan nilai sebesar 24.2%.

kata kunci: Kecelakaan kapal, human error, AHP, SHELL Model

HUMAN ERROR ANALYSIS OF COMMUNICATION AND NAVIGATION EQUIPMENT ON SHIP

Name : Mohammad Vath Allam
NRP : 4209 100 003
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor : 1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
2. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T, M.T.

Abstract

There are many ship accidents that were occurred in Indonesia. One of them is caused by the heavy marine traffic like the condition at Bali Strait passage. Based on the data from KNKT, more than 80% of accidents are caused by human error. The main objective of the final project is to analyze how much the value of human error affect ship accidents due to navigation and communication equipment. After finding out how much the value of human error affect ship accidents, the next will be on the analysis of the factors that influence human error. The method used in this final project is a combination of AHP (Analytical Hierarchy Process) and SHELL model, so it can be seen how much the value of human error and the factors that influence human error. From the results of analysis show that the value of human error that effect ship accidents due to navigation and communication equipment is 19.5% and the largest value that influence human error is psychological condition by 24.2%.

Key word: ship accidents, human error, AHP, SHELL Model

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Human Error

2.1.1. Definisi

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.

Diawal tahun 1960-an, Payne dan Altman menyatakan *human error* sebagai kegagalan dalam konteks *human information processing*, dimana *error* dibagi atas *input*, proses, dan *output*. Di mana penekanannya adalah kesalahan dalam konteks perancangan sistem (Park, 1997).

Human error juga diartikan sebagai kegagalan manusia atau operator dalam melakukan suatu tindakan, yang diukur dengan sejumlah kriteria seperti akurasi, rangkaian, atau waktu. Namun pada penyelidikan lebih lanjut *human error* dapat dikategorikan juga sebagai ketidaksesuaian kerja yang bukan hanya akibat dari kesalahan manusia, tetapi juga karena adanya kesalahan pada perancangan dan prosedur kerja. (Hagan dan Mays, 1981)

Kesalahan yang diakibatkan oleh faktor manusia kemungkinan disebabkan oleh pekerjaan yang berulang-ulang (*repetitive work*)

dengan kemungkinan kesalahan sebesar 1% (Iftikar Z. Sutalaksana,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.

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.

2.1.2. 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*. Di mana 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.

(Iftikar. Z. Satalaksana, 1979)

2.1.3. 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.

2.2. Navigasi dan Komunikasi

2.2.1. Pengertian Navigasi dan Komunikasi

Bernavigasi dan berkomunikasi adalah merupakan bagian dari kegiatan melayarkan kapal dari suatu tempat ke tempat lain. Pengetahuan tentang alat-alat navigasi dan komunikasi sangat penting untuk membantu seorang pelaut dalam melayarkan kapalnya.

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan, modernisasi dan pembaruan peralatan navigasi sangat membantu akurasi dalam penentuan posisi kapal di permukaan bumi, sehingga dapat menjamin terciptanya aspek-aspek ekonomis. Sistem navigasi di laut mencakup beberapa kegiatan pokok, antara lain:

1. Menentukan tempat kedudukan atau posisi, dimana kapal berada di permukaan bumi.

2. Mempelajari serta menentukan rute/jalan yang harus ditempuh agar kapal dengan aman, cepat, selamat, dan efisien sampai ke tujuan.
3. Menentukan haluan antara tempat tolak dan tempat tiba yang diketahui sehingga jauhnya/jaraknya dapat ditentukan.
4. Menentukan tempat tiba bilamana titik tolak haluan dan jauh diketahui.

2.2.2. Peralatan Navigasi dan Komunikasi

Adapaun beberapa peralatan navigasi dan komunikasi yang biasanya terdapat di kapal adalah sebagai berikut:

1. Automatic Identification System (AIS)

Automatic Identification System (AIS) adalah sebuah sistem yang digunakan pada kapal dan *Vessel Traffic Services* (VTS) atau Pelayanan Lalu Lintas Kapal yang secara prinsip untuk identifikasi dan lokasi tempat berlayarnya kapal. AIS menyediakan sebuah alat bagi kapal untuk menukar data secara elektronik termasuk: identifikasi, posisi, kegiatan atau keadaan kapal, dan kecepatan, dengan kapal terdekat yang lainnya dan stasiun VTS. Informasi ini dapat ditampilkan pada sebuah layar atau sebuah tampilan *Electronic Chart Display Information System* (ECDIS). AIS dimaksudkan untuk membantu petugas yang memantau kapal dan mengizinkan otoritas maritim untuk mengikuti dan memonitor pergerakan kapal. Alat ini bekerja dengan terintegrasi yang distandarisasi sistem penerima VHF dengan sebuah sistem navigasi elektronik, misalnya sebagai *Long Range Navigation Version C* (LORAN-C) atau pengirim *Global Positioning System*, dan sensor navigasi lainnya yang terdapat di dalam kapal (*gyrocompass*, indikator penghitung beloknya, dan lain-lain).



Gambar 2.1 AIS dan Operation Screen
http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kanmon/eng/mg_2.htm

International Maritime Organization (IMO) dan *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)* mewajibkan penggunaan AIS pada pelayaran kapal internasional dengan *Gross Tonnage* lebih dari sama dengan 300 GT, dan semua kapal penumpang tanpa memperhatikan segala ukuran. Hal itu diestimasikan pada lebih dari 40.000 kapal baru-baru ini mempunyai peralatan AIS kelas A.

Untuk sistem pelacakan jarak jauh pada kapal, tak sebanyak transmisi frekuensi yang bisa dicapai oleh LRIT (*Long-Range Identification and Tracking System*) pada kapal dagang di luar area pantai AIS (VHF atau A1) jarak Radio.

AIS yang digunakan pada peralatan navigasi yang penting untuk menghindari dari kecelakaan akibat tabrakan. Karena keterbatasan dari kemampuan radio, dan karena tidak semua kapal yang dilengkapi dengan AIS, sistem ini berarti yang diutamakan untuk digunakan sebagai alat peninjau dan untuk menghindarkan resiko dari tabrakan daripada sebagai sistem pencegah tabrakan secara otomatis, sesuai dengan *International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREGS)*.

Ketika suatu kapal berlabuh, pergerakan dan identitas dari kapal lain patut diperhatikan oleh navigator untuk membuat keputusan untuk menghindari tabrakan dengan kapal lain dan bahaya karena karang. Alat penginderaan (tak terbantu, *binoculars*, *night vision*),

pergantian bunyi (peluit, klakson, radio VHF), dan radar atau *Automatic Radar Plotting Aid* (ARPA) secara historis digunakan untuk maksud ini. Bagaimanapun juga, kurangnya identifikasi target pada layer, dan penundaan waktu serta terbatasnya kemampuan radar dalam mengamati dan menghitung pergerakan kapal disekelilingnya, khususnya pada jam-jam sibuk, kadangkala menghambat tindakan yang cepat dalam menghindari tabrakan.

Sementara itu, persyaratan AIS hanya untuk menampilkan dasar teks informasi, data yang berlaku dapat diintegrasikan dengan sebuah *graphical electronicchart* atau sebuah tampilan radar, menyediakan informasi navigasi gabungan pada sebuah tampilan tunggal.

2. Maritime Mobile Service Identity (MMSI)

MMSI adalah sebuah seri dari 8 digit nomor yang dikirim dalam bentuk data digital melalui sebuah channel frekuensi radio dengan tujuan sebagai identitas khusus atau unik dari sebuah kapal kepada stasiun kapal, stasiun pantai, stasiun bumi, stasiun pantai dan bumi, serta grup pemanggil. Ada 4 jenis MMSI, yaitu:

1. Identitas stasiun kapal
2. Identitas grup stasiun kapal
3. Identitas stasiun pantai
4. Identitas grup stasiun kapal

Digit nomor dalam MMSI menunjukkan kategori dari identitasnya. Arti dari digit pertama adalah:

- 0 untuk grup kapal, stasiun pantai, atau grup stasiun pantai.
- 1 untuk tidak digunakan (identitas 7 digit yang diawali dengan “1” digunakan oleh Inmarsat A)

- 2-7 untuk digunakan oleh kapal individual, dimulai dengan MID(lihat bawah)
 - 2 untuk Eropa
 - 3 untuk Amerika bagian tengah, utara, dan Karibia
 - 4 untuk Asia
 - 5 untuk Oceania
 - 6 untuk Afrika
 - 7 untuk Amerika Selatan
- 8 untuk ditujukan untuk penggunaan regional.
- 9 untuk ditujukan untuk penggunaan nasional.

MID terdiri dari 3 digit nomor, selalu dimulai dengan sebuah digit dai 2-7(ditentukan secara regional) dan dialokasikan untuk setiap negara. Daftar penomoran MID untuk setiap negara telah tertulis pada Regulasi Radio Table 1 Apendiks 43.

3.AIS- SART

Instalasi *Global Maritime Distress Safety System* (GMDSS) terdiri dari satu atau lebih peralatan penunjuk lokasi yang dapat ditemukan tim SAR saat terjadi kecelakaan. Peralatan tersebut berupa AIS-SART (*AIS Search and Rescue Transmitter*), atau juga sebuah radar-SART (*Search and Rescue Transponder*). AIS-SART digunakan untuk mengirimkan sinyal yang menunjukkan lokasi sebuah sekoci penyelamat atau perahu darurat menggunakan sebuah peralatan penerima berstandar AIS kelas A. Posisi dan sinkronisasi waktu yang diberikan AIS-SART diperoleh dari sebuah penerima (*receiver*) GNSS.

AIS-SART memberikan posisi dan waktu dari sebuah GNSS receiver dan mengirimkan posisinya dengan selang setiap 1 menit. Setiap menit, posisi dikirimkan dalam sebuah laporan seri dari 8 posisi yang sama, hal ini dilakukan untuk menjaga kemungkinan tertinggi yang sekurang-kurangnya satu dari

laporan posisi dikirimkan pada titik tertinggi sinyal gelombangnya.



Gambar 2.2 AIS SART

(<http://cyberships.wordpress.com/2009/07/31/peralatan-navigasi-dam-komunikasi-pada-kapal/>)

Pada umumnya SART berbentuk tabung, berwarna cerah. Spesifikasi AIR-SART telah dibuat oleh IEC (International Electrical Committee), TC80, dan kelompok kerja AIS. Sebuah draft mengenai spesifikasinya telah dipublikasikan oleh IEC dan sekarang sedang masa jajak pendapat.

4. Radio frekuensi 500 kHz

Sejak awal abad 21, frekuensi radio 500kHz telah ditetapkan sebagai frekuensi panggilan darurat internasional untuk kode morse dalam komunikasi di dunia maritim. Penjaga Keamanan Pantai Amerika (US Coast Guard) dan beberapa agen-agen dari negara lain memantau frekuensi ini selama 24 jam non-stop, diisi oleh staf-staf operator radio yang berpengalaman. Banyak panggilan darurat dan pertolongan medis dilaut telah ditangani disini sampai akhir 1980-an. Bagaimanapun, karena hampir hilangnya penggunaan morse untuk kepentingan komersial,

frekuensi ini sekarang jarang digunakan. Selanjutnya, lalu-lintas panggilan darurat pada frekuensi 500 kHz hampir digantikan total oleh *Global Maritime Safety System* (GMDSS), dimulai dari tahun 1990, banyak Negara mulai menghentikan pemantauan frekuensi 500 kHz ini, dan China, pengguna terakhir telah menyatakan berhenti pada tahun 2006. Frekuensi terdekat 518kHz dan 400kHz digunakan NAVTEX sebagai bagian dari GMDSS. Proposal untuk mengalokasikan frekuensi 500kHz dan yang terdekat telah diajukan untuk radio amatir dan Komisi Komunikasi Umum Amerika (FCC) dengan menyertakan Persatuan Penyiaran Radio Amerika sebuah ijin untuk menggunakannya pada September 2006.

Standar Internasional menggunakan frekuensi 500kHz diperpanjang dengan diadakannya Konvensi Internasional *Radiotelegraphic* ke-3 setelah tenggelamnya RMS TITANIC sebagai frekuensi standar yang harus digunakan pada stasiun di panta atau darat, dengan spesifikasi dua macam panjang gelombang, yaitu 300m dan 600m, yang selanjutnya diresmikan untuk layanan publik. Setiap stasiun pantai diharuskan menggunakan salah satu dari kedua macam panjang gelombang ini. Hasil komisi ini disetujui dan efektif digunakan pada bulan Juli 1913. Regulasi layanan ini ditambahkan ke dalam isi hasil konvensi 1912, menjadikan 500kHz sebagai frekuensi utama untuk *sea-going communication*, dan frekuensi standar kapal telah diganti dari 1000kHz menjadi 500kHz untuk mencocokkannya dengan standar stasiun pantai.

5. Radio Frekuensi 2182 kHz

Frekuensi radio ini adalah frekuensi yang digunakan sebagai saluran panggilan darurat dan bahaya internasional untuk komunikasi *radiotelephone* maritim pada *band* MF kelautan.

Transmisi pada frekuensi 2182 kHz umumnya menggunakan modulasi *single-sideband* (SSB), bagaimanapun Modulasi

Amplitudo (AM) dan beberapa variasinya seperti vestigial sideband juga masih digunakan, terutama oleh kapal-kapal dengan peralatan tua dan beberapa stasiun pantai dalam usahanya untuk memastikan kompatibilitasnya dengan peralatan tua dengan teknologi penerima yang masih minim.

Frekuensi 2182 kHz analog dengan *Channel 16* pada *Marine VHF band*, tetapi tidak seperti VHF yang memiliki keterbatasan jarak sekitar 50 mil laut (90 km), komunikasi pada frekuensi 2182 kHz dan frekuensi didekatnya memiliki jarak khas sejauh 150 mil laut (280 km) sepanjang hari dan 500 mil laut (atau lebih) saat operasi di malam hari. Sebuah stasiun yang memiliki peralatan operasi malam cukup baik, dapat menerima *komunikasi intra-continental* (antar benua), namun jarak ini akan mengalami keterbatasan pada saat musim panas karena efek statis yang disebabkan oleh cahaya atau kilat petir.

Selama dua jam sekali, semua stasiun yang menggunakan frekuensi 2182 kHz dan 500 kHz diharuskan untuk memelihara 3 menit diam dan waktu pendengaran dengan seksama. Dimulai dari h+00, h+30 dan h+15, serta h+45. Hal ini akan memungkinkan stasiun yang mengalami permasalahan, secara mendesak dapat tetap melakukan tugasnya dengan baik, bahkan ketika sedang berada di suatu tempat berjarak tertentu dari stasiun dengan tenaga baterai yang berkurang. Sebagai laporan penglihatan, sebuah jam khusus dalam ruang radio akan membantu menandai waktu diam dengan blok warna diantara h+00 sampai h+03 dan h+30 sampai h+33 dengan warna hijau. Bagian yang sama ditandai dengan warna merah untuk penyesuaian waktu diam dan pendengaran pada 500 kHz. Waktu diam ini tidak dibutuhkan ketika GMDSS telah dikenalkan dan diproduksi sebagai sistem pemantau alternatif.

6. Search and Rescue Transponder

Shipboard Global Maritime Distress Safety System (GMDSS) instalasi termasuk satu atau banyak alat pencari dan penolong. Salah satu alatnya adalah radar-SART (*Search and Rescue Transponder*). Radar-SART ditempatkan di sekoci penyelamat, SART hanya bereaksi terhadap 9 ghz *x-band* (3 cm radar panjang gelombang). Ini akan tidak melihat di *s-band* (10 cm) atau radar lain.

Radar-SART memicu *x-band* radar dalam jangkauan kira-kira 8 nm (15 kilometer). setiap getaran radar diterima dan mengirimkan sebuah tanggapan yang disapu secara berulang oleh frekuensi radar. bila terinterogasi, maka pertama menyapu dengan cepat (0.4 *microsecond*) sapuan berikutnya menjadi relatif lambat menyapu (7.5 *microsecond*) akhirnya kembali ke frekuensi permulaan. Proses ini diulang untuk total dua belas kali putaran. Titik pada setiap menyapu, radar-SART frekuensi akan cocok dengan radar pencari dan radar penerima. jika radar-SART dalam jangkauan, sesuai frekuensi setiap 12 sapuan akan memproduksi tanggapan di tampilan radar, jadi satu baris dari 12 berkas sama dengan daerah sejauh 0.64 mn (1.2 km). Bila jarak kepada radar-SART dikurangi kira-kira 1 mn (2 km), tampilan radar mungkin menunjukkan juga 12 tanggapan sepanjang sapuan. tanggapan berkas tambahan ini, yang juga sama dengan daerah 0.64 mn (1.2 km), akan bergantian dengan garis asli 12 berkas. mereka akan muncul agak lebih lemah dan lebih kecil daripada berkas asli.

7. Ship Security Alert System

The Ship Security Alert System (SSAS) bagian dari ISPS kode dan sistem yang menyumbangkan usaha IMO untuk memperkuat keamanan bahari dan menahan menindas teroris dan pembajak. sistem proyek kerjasama diantara *Cospas-Sarsat* dan IMO. Jika ada pengacau atau terorisme, Mercusuar SSAS kapal dapat diaktifkan, dan tepat *law-enforcement* atau kekuatan militer dapat

menindaklantinya. Pengoprasian Mercusuar SSAS mirip dengan prinsip *aircraft transponder emergency* kode 7700.

8. Channel 16 VHF S

Channel 16 VHF adalah sebuah frekuensi radio khususnya pada radio di bidang kelautan dan merupakan frekuensi internasional di bidang perkapalan dan tujuan maritim itu sendiri. Dan juga bisa digunakan sebagai siaran radio seperti panggilan darurat, perlindungan, atau sebagai wadah *safety message*.

VHF *channel 16* (156,8 mhz) di monitor 24 jam perhari . Dan memonitor laut yang terdapat kapal terlarang maka akan termonitor oleh *channel 16 VHF* kecuali *channel* komunikasi kelautan lainnya untuk bisnis yang legal atau alasan operasional *coast guard* dan lainnya seperti surat izin penyiaran radio.

Untuk informasi keselamatan dari berbagai pesan yang di terima *channel 16*. Bagaimanapun juga sebagian besar pelanggaran di sebuah negara akan membawa dampak fatal (*mayday*) menghubungi siaran radio pada *channel 16* kecuali jika dalam keadaan bahaya.

9.NAVTEX

Navtex (*navigational telex*) adalah perantara frekuensi internasional secara otomatis, melalui pelayanan cetak langsung untuk pengiriman pada navigasi. Peringatan badan meterologi dan peramalan yang mencakup informasi keselamatan kelautan pada kapal juga menyediakan pengembangan dari *low-cost*, dan pemasukan secara otomatis dari kapal yang ada di laut dengan perkiraan 370 km dari garis pantai.

Navtex station di U.S dioperasikan oleh *coast guard* di Amerika dan pengguna tidak di kenakan biaya bagi perserikatan dengan masuknya siaran radio Navtex. Navtex adalah bagian dari IMO/IHO, *Worldwide Navigation Service* (WWNS). Navtex

juga merupakan element utama dari GMDSS dan SOLAS. Dan juga menerima dan menyetujui GMDSS.

Siaran radio *Navtex* yang berasal dari perantara frekuensi pada 518 khz / 490 khz dan digunakan oleh NBDP, FEC, serta tipe penyebarannya digunakan pada radio amatir yang disebut Amtor. Siaran radio amatir di gunakan 100 baud fsk dengan frekuensi perubahan dari 170hz

Internasional *Navtex* pada frekuensi 518 kHz usb,dan siaran radio yang selalu menggunakan bahasa Inggris.*Navtex* pada tipe *Marine Safety Information*(MSI) perubahan dari HF ke 4209,5 kHz FEC Mode.

10.Inmarsat B

Inmarsat B *digital mobile satcomssystem* menyediakan 2 jalur telepon langsung seperti fax, telegram, dan data-data komunikasi. Pada kisaran 9,6 kbit/detik dimanapun di seluruh dunia dengan pengecualian daerah kutub.

Sistem Inmarsat B mempunyai *statin satellite* bumi meliputi,lingkungan kelautan,dan mengandung peralatan di atas dek, seperti antena parabola dan elektronik lain sebagai koreksi yaitu *telex*, telepon,modem, dan peralatan fax..

Inmarsat memindahkan kapal ke *Mobile Earth Stations* (MESs) pada jalur yang sama pada daratan station yang mengalami suatu rute komunikasi yang di kenal *Land Earth Stations* (LESSs). Dari rute MESs melalui jaringan Inmarsat pada LESSs kemudian menjadi *international phone,telex*,dan data jaringan.



Gambar 2.3 Inmarsat B
(<http://www.voxmaris.com.ar/en/inmarsatb>)

Ada 4 daerah kelautan yang mencakup seluruh dunia dengan mendapatkan operasional satelit. Penyebaran sinyal dari 4 jaringan (NCS) 1 dari setiap daerah laut :

1. *Atlantic Ocean Region East (AOR-E)*
2. *Atlantic Ocean Region West (AOR-W)*
3. *Indian Ocean Region (IOR)*
4. *Pasific Ocean Region (POR)*

Setiap monitor NCS (*Network Co-ordination Station*) sebagai komunikasi lalu lintas satelit menyebabkan penghubungan yang baik. Semua sistem kelautan Inmarsat menggunakan 2 digit kode sebagai fasilitas penghubung berbagai informasi kemaritiman.

11.GMDSS (Global Maritime Distress Safety System)

GMDSS adalah suatu paket keselamatan yang disetujui secara internasional yang terdiri dari prosedur keselamatan, jenis-jenis peralatan, protokol-protokol komunikasi yang dipakai untuk meningkatkan keselamatan dan mempermudah saat menyelamatkan kapal, perahu, ataupun pesawat terbang yang mengalami kecelakaan.

GMDSS terdiri dari beberapa sistem, beberapa di antaranya baru tetapi kebanyakan peralatan tersebut telah diterapkan selama bertahun-tahun. Sistem tersebut berfungsi untuk bersiap-siaga (termasuk memantau posisi dari unit yang mengalami kecelakaan), mengkoordinasikan *Search and Rescue*, mencari lokasi (mengevakuasi korban untuk kembali ke daratan), menyiarkan informasi maritim mengenai keselamatan, komunikasi umum, dan komunikasi antar kapal. Radio komunikasi yang spesifik diperlukan sesuai dengan daerah operasi kapal, bukan berdasarkan tonase kapal tersebut. Sistem tersebut juga terdiri dari peralatan pemancar sinyal berulang sebagai tanda bahaya, serta memiliki sumber power daurat untuk menjalankan fungsinya.

Kapal-kapal yang berfungsi sebagai sarana rekreasi tidak memerlukan peralatan yang sesuai dengan radio GMDSS, tetapi sangat disarankan memakai Radio VHF *Digital Selective Calling* (DSC), begitu pula untuk sarana-sarana yang berkaitan dengan offshore system dalam waktu dekat harus menggunakan peralatan tersebut.



Gambar 2.4 Sailor GMDSS A3 Station dengan Telex
 ([http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SAILOR_GMDSS_A3.jp](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SAILOR_GMDSS_A3.jpg)
 g)

Kapal-kapal di bawah 300 GT tidak termasuk dalam peraturan yang mewajibkan pemakaian GMDSS. Kapal-kapal yang memiliki bobot mati antara 300-500 GT disarankan tapi tidak diwajibkan untuk menggunakan GMDSS, namun kapal-kapal di atas 500 GT sudah diharuskan menggunakan peralatan yang mendukung GMDSS.

2.3. Metode AHP (Analytical Hierarchy Process)

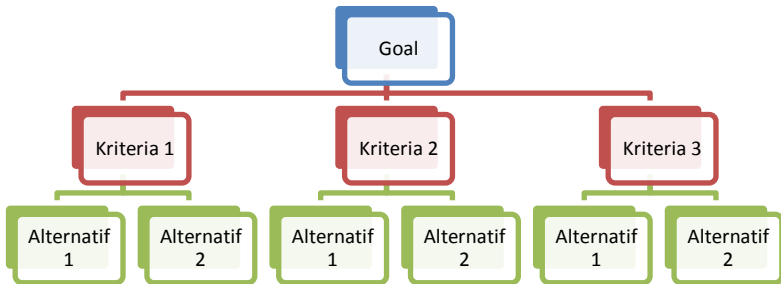
2.3.1. Pengertian AHP

AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif (Saaty, 1993). Dengan hirarki seperti pada gambar 2.5 suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis.

AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut :

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.

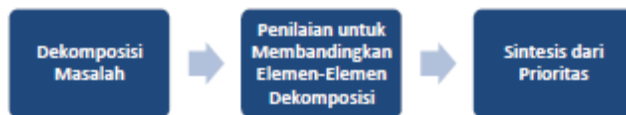
3. Memperhitungkan daya tahan *output* analisis sensitivitas pengambilan keputusan.



Gambar 2.5 Bagan AHP

2.3.2. Tahapan Penyusunan AHP

Secara umum ada 3 tahapan dalam penyusunan sebuah prioritas menggunakan AHP yang terlihat di diagram proses pada gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Tahap Penyusunan AHP

Dekomposisi, setiap masalah atau persoalan yang sudah terdefiniskan perlu dilakukan dekomposisi, memecah permasalahan utama ke dalam beberapa kriteria dan dari setiap kriteria dapat dibagi lagi menjadi beberapa subkriteria. Proses pemecahan masalah ini dinamakan hirarki. Hirarki ada dua macam, yaitu hirarki lengkap dan hirarki tak lengkap.

Comparative Judgement, maksud dari tahapan ini adalah untuk pembuatan penilaian kepentingan relatif yang membandingkan antara dua elemen pada tingkat tertentu dalam kaitan sesuai dengan tingkatan di atasnya. Penilaian akan berpengaruh pada prioritas tiap elemen. Hasil penilaian lebih mudah dipahami bila disajikan dalam bentuk matrik.

Synthesis of Priority, Dari setiap matrik *pairwise comparison* kemudian dicari vektor eigennya untuk mendapatkan prioritas lokal. Sintesis diantara prioritas lokal harus dilakukan agar memperoleh prioritas global karena matrik *pairwise comparison* terdapat pada setiap tingkat.

Logical Consistency, Konsistensi jawaban yang diberikan responden dalam penentuan prioritas elemen merupakan prinsip pokok yang menentukan validitas data dan hasil pengambilan keputusan. Secara umum, responden harus memiliki konsistensi dalam melakukan perbandingan elemen. Jika $A > B$ dan $B > C$ maka secara logis responden harus menyatakan bahwa $A > C$, berdasarkan nilai numerik yang telah disediakan.

2.3.3. Penyusunan Hirarki dan Prioritas

Dalam metode AHP dilakukan langkah-langkah sebagai berikut (Kadarsyah Suryadi dan Ali Ramdhani, 1998) :

1. Mendefinisikan Masalah dan Menentukan Solusi

Dalam tahap ini kita berusaha menentukan masalah yang akan kita pecahkan secara jelas, detail dan mudah dipahami. Dari masalah yang ada kita coba tentukan solusi yang mungkin cocok bagi masalah tersebut. Solusi dari masalah mungkin berjumlah lebih dari satu. Solusi tersebut nantinya kita kembangkan lebih lanjut dalam tahap berikutnya.

2. Membuat Struktur Hirarki.

Setelah menyusun tujuan utama sebagai level teratas akan disusun level hirarki yang berada di bawahnya yaitu kriteria-kriteria yang cocok untuk mempertimbangkan atau menilai alternatif yang kita berikan dan menentukan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda. Hirarki dilanjutkan dengan subkriteria (jika mungkin diperlukan).

3. Membuat Matrik Perbandingan Berpasangan

Matrik yang digunakan bersifat sederhana, 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. 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.

Tabel 2.1 Matrik Berpasangan

Tujuan				
Kriteria	A	B	C	D
A				
B				
C				
D				

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 tabel 2.2.

Tabel 2.2 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	Bukti bahwa satu element penting dari

	lainnya.	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 dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata. Rumus rata-rata geometrik adalah.

$$G = \sqrt[n]{X_1 X_2 X_3 \dots X_n} \quad (1)$$

8. Memeriksa Konsistensi Hirarki

Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat indeks konsistensi. Konsistensi yang diharapkan adalah yang

mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10% (< 0.1).

2.3.4. Kelebihan dan Kekurangan Sistem AHP

Layaknya sebuah metode analisis, AHP pun memiliki kelebihan dan kelemahan dalam sistem analisisnya. Kelebihan-kelebihan analisis ini adalah :

- **Kesatuan (*Unity*)**
AHP membuat permasalahan yang luas dan tidak terstruktur menjadi suatu model yang fleksibel dan mudah dipahami.
- **Kompleksitas (*Complexity*)**
AHP memecahkan permasalahan yang kompleks melalui pendekatan sistem dan pengintegrasian secara deduktif.
- **Saling Ketergantungan (*Inter Dependence*)**
AHP dapat digunakan pada elemen-elemen sistem yang saling bebas dan tidak memerlukan hubungan linier.
- **Struktur Hirarki (*Hierarchy Structuring*)**
AHP mewakili pemikiran alamiah yang cenderung mengelompokkan elemen sistem ke level-level yang berbeda dari masing-masing level berisi elemen yang serupa.
- **Pengukuran (*Measurement*)**
AHP menyediakan skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas.
- **Konsistensi (*Consistency*)**
AHP mempertimbangkan konsistensi logis dalam penilaian yang digunakan untuk menentukan prioritas.
- **Sintesis (*Synthesis*)**
AHP mengarah pada perkiraan keseluruhan mengenai seberapa diinginkannya masing-masing alternatif.

- **Trade Off**
AHP mempertimbangkan prioritas relatif faktor-faktor pada sistem sehingga orang mampu memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan mereka.
- **Penilaian dan Konsensus (*Judgement and Consensus*)**
AHP tidak mengharuskan adanya suatu konsensus, tapi menggabungkan hasil penilaian yang berbeda.
- **Pengulangan Proses (*Process Repetition*)**
AHP mampu membuat orang menyaring definisi dari suatu permasalahan dan mengembangkan penilaian serta pengertian mereka melalui proses pengulangan.

Sedangkan kelemahan metode AHP adalah sebagai berikut:

- Ketergantungan model AHP pada input utamanya. Input utama ini berupa persepsi seorang ahli sehingga dalam hal ini melibatkan subjektivitas sang ahli selain itu juga model menjadi tidak berarti jika ahli tersebut memberikan penilaian yang keliru.
- Metode AHP ini hanya metode matematis tanpa ada pengujian secara statistik sehingga tidak ada batas kepercayaan dari kebenaran model yang terbentuk.

2.4. Expert Choice

Expert choice merupakan aplikasi khusus yang berfungsi sebagai alat bantu implementasi model dalam *Decision Support System* (DSS) atau Sistem Penunjang Keputusan (SPK). *Pairwise Comparison Matrix* atau perhitungan matrik secara perbandingan berpasangan dapat dilakukan menggunakan aplikasi 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

2.5. SHELL Model

2.5.1. Umum

Konsep SHELL Model (nama ini berasal pertama dari masing-masing komponen yaitu, *Software*, *Hardware*, *Environment*, dan *Liveware*) pertama kali ini dikembangkan oleh Edwards pada tahun 1972, dengan diagram yang telah dimodifikasi untuk mengilustrasikan model yang telah dikembangkan oleh Hawkins pada tahun 1975.

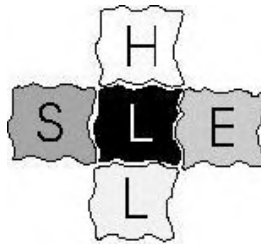
Salah satu diagram praktis untuk menggambarkan model konseptual ini menggunakan blok untuk mewakili berbagai komponen dari *human factors*. Diagram blok bangunan ini tidak mencakup potongan antar *human factors* dan hanya ditujukan sebagai bantuan dasar untuk memahami *human factors*:

- *Software* berupa aturan, prosedur, dokumen tertulis, dan lainnya yang merupakan bagian dari prosedur operasi standar.
- *Hardware* berupa *Control Suite*, konfigurasi, kontrol dan permukaan, *displays*, dan sistem fungsional.
- *Environment* berupa situasi di mana sistem L-H-S harus berfungsi, iklim sosial dan ekonomi, serta lingkungan alam.
- *Liveware* berupa manusia, *controller* satu dengan *controller* lain, kru, insinyur dan personil pemeliharaan, bagian manajemen dan personalia.

2.5.2 Liveware

Fokus utama pada model ini adalah manusia atau *liveware* itu sendiri seperti pada gambar 2.7. Karena komponen ini paling fleksibel di dalam sistem. Jadi komponen yang lain dari sistem harus lebih waspada dalam keterkaitannya dengan komponen ini sehingga kerusakan dapat dihindari.

Namun dari semua komponen dalam model, komponen ini yang paling sulit diprediksi dan paling rentang dengan faktor-faktor internal (rasa lapar, kelelahan, motivasi, dll) dan faktor-faktor eksternal (pencahayaan, kebisingan, beban pekerjaan, dll) berubah.



Gambar 2.7 Komponen *Liveware*
 (<http://wikiofscience.wikidot.com/technology:shell-model-of-human-factors>)

2.5.3. Liveware-Liveware

Merupakan perpotongan komponen antar *Liveware* atau hubungan antar manusia seperti pada gambar 2.8 yang akan mempengaruhi sistem. Yang perlu diperhatikan adalah dalam sistem ini adalah dalam hal kepemimpinan, kerjasama, kerja tim, dan juga interaksi antar personal. Termasuk program-program seperti *Crew Resource Management (CRM)*, *ATC equivalent*,

Team Resource Management (TRM), Line Oriented Flight Training (LOFT), dan lainnya.



Gambar 2.8 Perpotongan Komponen antar *Liveware*

(<http://wikiofscience.wikidot.com/technology:shell-model-of-human-factors>)

2.5.4. Liveware-Software

Software adalah istilah kolektif yang mengacu pada semua hukum, aturan, peraturan, perintah, prosedur operasi standar, kebiasaan dan konvensi dan cara normal di mana hal-hal dilakukan. Kini software juga mengacu pada program-program berbasis komputer yang dikembangkan untuk mengoperasikan suatu sistem secara otomatis.



Gambar 2.9 Perpotongan Komponen *Liveware* dengan *Software*

(<http://wikiofscience.wikidot.com/technology:shell-model-of-human-factors>)

Dalam rangka untuk mencapai keamanan, operasi yang efektif antara *Liveware* dan *Software* seperti yang terlihat pada gambar 2.9 penting untuk memastikan bahwa perangkat lunak, terutama jika itu menyangkut aturan dan prosedur, mampu diimplementasikan. Juga perhatian harus ditunjukkan dengan phraseologies yang rawan kesalahan, membingungkan, atau terlalu rumit. Wujud lainnya adalah kesulitan dalam simbologi dan desain konseptual sistem.

2.5.5. Liveware-Hardware

Komponen yang saling terkait lainnya pada SHELL Model adalah *Liveware* dengan *Hardware* seperti yang tertera pada gambar 2.10. Hubungan antar dua komponen ini adalah salah satu yang paling sering dipertimbangkan ketika berbicara mengenai hubungan antara manusia dengan mesin dalam suatu sistem. Contohnya pengaruh desain tempat duduk agar sesuai dengan karakteristik dari pengguna.



Gambar 2.10 Perpotongan Komponen Liveware dengan Hardware

(<http://wikiofscience.wikidot.com/technology:shell-model-of-human-factors>)

2.5.6. Liveware-Environment

Hubungan antara *Liveware-Environment* seperti pada gambar 2.11 mengacu pada hubungan yang mungkin tidak dapat dikontrol

secara langsung oleh manusia. Seperti kejadian alam yang berupa suhu, cuaca, dll ketika suatu sistem beroperasi.



Gambar 2.11 Perpotongan Komponen Liveware dengan Environment

(<http://wikiofscience.wikidot.com/technology:shell-model-of-human-factors>)

Tetapi pada saat ini manusia telah melengkapi desain suatu sistem dengan peralatan yang dapat melindungi dari berbagai macam kondisi alam, seperti intensitas cahaya, kebisingan, dan radiasi. Dalam hubungan antar *Liveware-Environment* ini akan melibatkan berbagai macam disiplin ilmu seperti, psikologi, fisiologi, fisika, dan teknik.

BAB III

METODOLOGI

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini dibutuhkan tahapan-tahapan yang berupa proses yang dimulai dari mengidentifikasi masalah yang ada hingga hasil akhir yang diharapkan. Untuk diagram alur pengerjaan dari tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1. Sedangkan tahapan-tahapan proses yang dimaksud antara lain :

3.1. Identifikasi Rumusan Masalah

Proses pencarian segala informasi mengenai pengerjaan tugas akhir, seperti pengertian dan perumusan masalah. Hal ini dapat diperoleh dari pihak yang berkompeten ataupun masalah yang ada di lapangan.

3.2. Studi Literatur

Proses identifikasi dan perumusan masalah perlu ditunjang dengan referensi dari buku, jurnal, internet, ataupun paper agar penelitian ini memiliki dasar teori yang jelas.

3.3. Investigasi Peralatan Navigasi dan Komunikasi

Proses investigasi peralatan navigasi dan komunikasi perlu dilakukan untuk mengetahui peralatan apa saja yang ada di dalam kapal. Hal ini bertujuan untuk mengetahui peralatan mana saja yang sering dioperasikan dan memiliki potensi untuk mengakibatkan kecelakaan.

3.4. Survey dengan Metode AHP

3.4.1. Melakukan Tahapan Penyusunan AHP

Tahapan ini menyangkut semua hal yang diperlukan dalam pembuatan AHP. Mulai dari dekomposisi masalah atau pemecahan suatu masalah menjadi beberapa kriteria, *comparative judgement* atau pembuatan penilaian kepentingan relatif yang membandingkan antara dua elemen pada tingkat tertentu, *synthesis of priority* atau mencari vektor eigennya untuk mendapatkan prioritas lokal dari setiap matrik perbandingan, dan *logical consistency* atau konsistensi jawaban yang diberikan responden dalam penentuan prioritas elemen.

3.4.2. Penyusunan Hirarki

Dalam hal ini penyusunan hirarki dapat dibuat dengan tahapan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, yaitu mulai dari penentuan masalah dan solusinya, pembuatan struktur hirarki, membuat matrik berpasangan, menentukan rata-rata geometrik, hingga terakhir menentukan konsistensi hirarki.

3.4.3. Pembuatan Quisioner

Pembuatan quisioner dilakukan apabila tahapan penyusunan AHP dan hirarki telah dilakukan. Pembuatan quisioner ini sepenuhnya bergantung dengan apa yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya, yaitu penentuan masalah, penentuan tiap faktor yang mempengaruhi masalah, dan penentuan kriteria-kriteria yang mempengaruhi faktor tersebut.

3.5. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah kegiatan survei dengan quisioner telah dilakukan. Pada tahap ini survei ditujukan kepada orang-orang yang ahli di bidangnya agar data yang terkumpul

nantinya merupakan data yang valid dan dapat dijadikan patokan dalam penyelesaian masalah.

3.6. Klasifikasi Permasalahan dengan SHELL Model

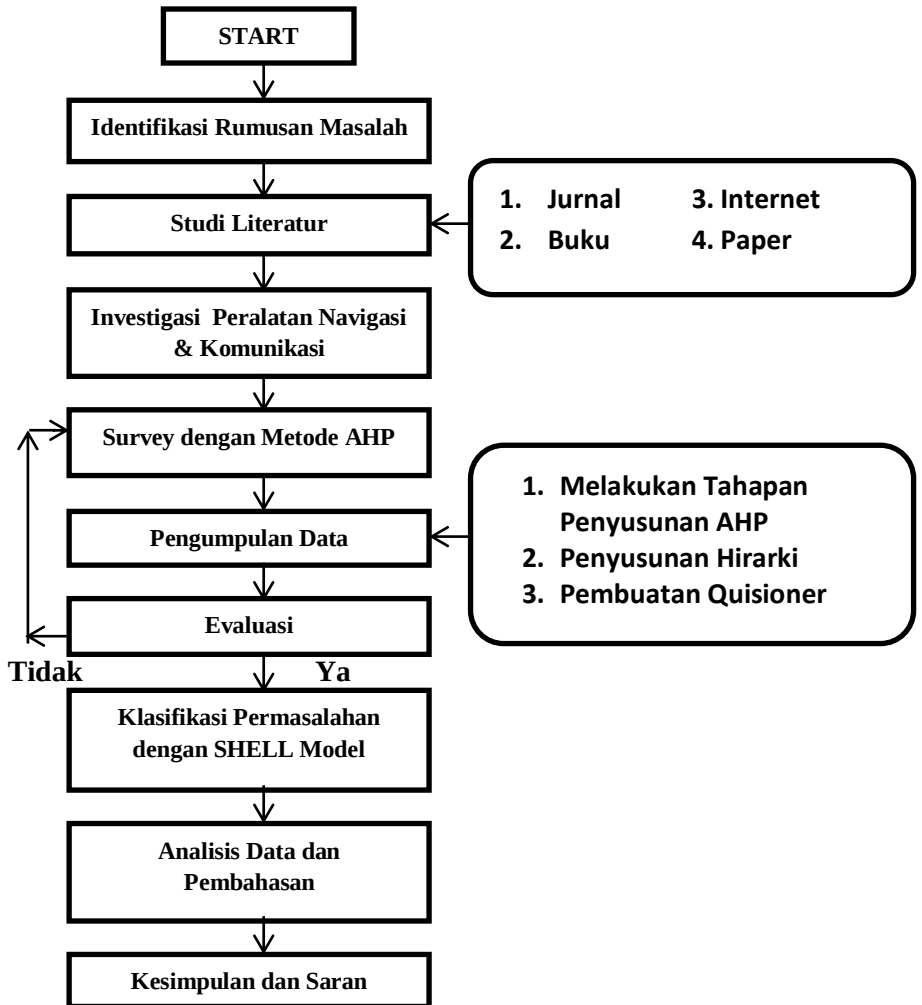
Setelah data yang diperoleh dari survei terhadap oarang-orang yang ahli di bidangnya terkumpul, selanjutnya dilanjutkan dengan melakukan klasifikasi permasalahan dengan SHELL Model. Hal-hal mana saja yang termasuk dalam masing komponen pada SHELL Model, seperti apa itu *liveware*, *software*, *hardware*, *environment*, dan bagaimana hubungan antar komponen tersebut.

3.7. Analisis Data dan Pembahasan

Klasifikasi masalah yang telah dilakukan akan mempermudah analisis permasalahan yang terjadi. Nantinya akan diketahui permasalahan yang berhubungan dengan *human error* dilihat dari keterkaitan dan hubungan manusia atau *liveware* dengan *software*, *hardware*, *environment*, dan *liveware* atau antar manusia itu sendiri.

3.8. Kesimpulan dan Saran

Diharapkan setelah semua langkah-langkah pengerjaan dilakukan dengan baik, maka jawaban dari masalah-masalah diatas bisa terjawab dan bisa berguna untuk kehidupan masyarakat luas. Dari hasil pengerjaan penelitian ini bisa diberikan saran apabila ada kekurangan dari skripsi ini, agar bisa diperbaiki bila ingin dilanjutkan menjadi skripsi yang lain, atau sekedar referensi untuk menambah pengetahuan sebagai bantuan solusi bagi permasalahan yang ada.



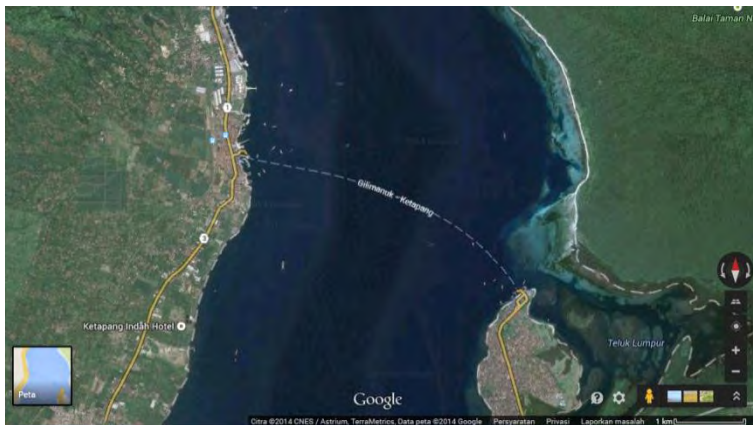
Gambar 3.1 *Flow Chart* Pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Selat Bali, tepatnya pada kapal penyebrangan yang berada di Selat Bali. Selat Bali merupakan salah satu selat yang berada di Indonesia tepatnya diantara Provinsi Jawa Timur dan Provinsi Bali yang memisahkan antara pulau Jawa dan Bali seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Lokasinya terletak pada koordinat $8^{\circ}8'58''$ Lintang Selatan (LS) dan $114^{\circ}25'7''$ Bujur Timur (BT).



Gambar 4.1 Selat Bali
(Google Maps, 2014)

Di Selat Bali terdapat dua pelabuhan yang menghubungkan antara dua pulau, Pulau Jawa dan Pulau Bali, yaitu Pelabuhan Ketapang di Banyuwangi, Jawa Timur dan Pelabuhan Gilimanuk di Jembrana, Bali.

Pelabuhan Ketapang seperti yang terlihat pada gambar 4.2 adalah sebuah pelabuhan feri di Desa Ketapang, Kalipuro, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur yang menghubungkan Pulau Jawa dengan Pulau Bali via perhubungan laut (Selat Bali). Pelabuhan dapat dicapai dengan melewati Jalan Gatot Subroto. Pelabuhan Ketapang berada dalam naungan dan pengelolaan dari ASDP Indonesia Ferry.



Gambar 4.2 Pelabuhan Ketapang
(Google Maps, 2014)

Sedangkan Pelabuhan Gilimanuk seperti yang terlihat pada gambar 4.2 adalah sebuah pelabuhan feri di Kelurahan Gilimanuk, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jemberana, Bali yang menghubungkan Pulau Bali dengan Pulau Jawa via perhubungan laut (Selat Bali). Pelabuhan Gilimanuk berada dalam naungan dan pengelolaan dari ASDP Indonesia Ferry. Pelabuhan ini dipilih para wisatawan yang ingin menuju Pulau Jawa menggunakan jalur darat. Setiap harinya, ratusan perjalanan kapal feri melayani arus penumpang dan kendaraan dari dan ke Pulau Jawa melalui Pelabuhan Gilimanuk di Bali.



Gambar 4.3 Pelabuhan Gilimanuk
(Google Maps, 2014)

Lokasi penelitian ini dipilih karena di Selat Bali merupakan salah satu alur pelayaran dengan tingkat kepadatan yang tinggi. Banyak kapal niaga seperti kapal *general cargo*, *container* dan *bulk carrier* serta kapal penyebrangan yang melewati jalur ini. Bahkan di hari-hari tertentu seperti libur nasional atau libur hari besar keagamaan, pihak ASDP Indonesia Ferry menyagakan tak kurang dari 45 kapal tiap harinya untuk memenuhi kebutuhan penyebrangan yang menghubungkan ke dua pulau tersebut. Karena begitu tingginya tingkat lalu lintas transportasi kapal di Selat Bali, maka tingkat potensi kecelakaan juga akan semakin meningkat. Maka dari itu perlu dilakukan analisis *human error* kecelakaan kapal terhadap perlatan navigasi dan komunikasi sehingga nantinya akan diketahui potensi apakah yang paling mempengaruhi tingkat keselamatan kapal penyebrangan.

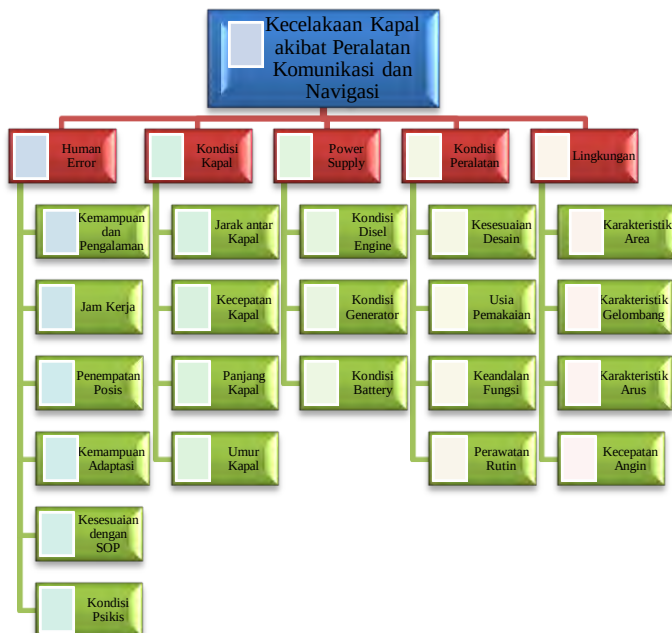
4.2. Metode AHP

4.2.1. Penyusunan Hirarki

Dalam penentuan metode AHP terlebih dulu menyusun hirarki nilai bahaya dari suatu permasalahan. Dalam penentuan nilai

bahaya harus memperhatikan seluruh elemen yang mempengaruhi tingkat bahaya kapal, karena itu penilaian terbagi menjadi beberapa kriteria. Setiap kriteria memiliki pengaruh tingkat bahaya kapal dengan bobot yang berbeda-beda. Dari setiap kriteria akan diturunkan lagi menjadi beberapa subkriteria. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses penilaian.

Tujuan utama dari hirarki ini adalah untuk mengetahui nilai bahaya dari kecelakaan kapal akibat peralatan komunikasi dan navigasi. Dari nilai bahaya ini diturunkan menjadi lima kriteria yang mempengaruhi. Kriteria tersebut adalah faktor *human error*, faktor kondisi kapal, faktor *power supply*, faktor kondisi peralatan, dan faktor lingkungan yang secara lengkap dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Struktur Hirarki

4.2.2. Pembuatan Quisioner

Langkah awal yang perlu dilakukan untuk mengetahui berapakah nilai dari masing-masing kriteria dan subkriteria dari hirarki yang telah disusun adalah mempersiapkan format cetak quisioner yang akan disebarakan kepada responden. Format cetak quisioner harus menggunakan instruksi atau kata-kata pengantar yang jelas dan mudah dipahami oleh responden yang akan dituju, sehingga proses pengisian quisioner dapat dilakukan dalam waktu yang singkat. Jumlah lembaran cetak quisioner disesuaikan dengan jumlah responden yang telah diperkirakan.

Pembuatan quisioner menggunakan bahasa formal yang mudah dipahami. Informasi yang disampaikan kepada responden harus jelas. Kata pengantar dapat dilampirkan pada sebuah quisioner agar responden dapat mengetahui maksud dan tujuan dari pengisian quisioner tersebut. Setelah kata pengantar, dapat disediakan sebuah kolom untuk pengisian data responden beserta sebuah pernyataan persetujuan untuk keperluan validasi data.

Sebuah quisioner merupakan sumber data yang dapat digunakan untuk mengetahui pendapat atau informasi dari suatu populasi. Kejelasan sumber merupakan sesuatu yang mutlak agar informasi yang diperoleh dapat dipertanggung jawabkan. Sehingga dapat diketahui apakah responden yang dipilih sudah tepat sesuai dengan tema quisioner atau tidak. Selain itu, apakah responden yang dipilih benar-benar memiliki kompeten pada tema quisioner yang ada. Hal ini merupakan sesuatu yang sangat penting dan harus benar-benar diperhatikan agar dasar teori yang diperoleh dari suatu quisioner dapat diakui kebenarannya. Sehingga tidak ada keraguan untuk menggunakan data hasil quisioner tersebut. Suatu penelitian dapat diakui kebenarannya bila memiliki suatu landasan teori yang jelas dan nyata. Seperti yang terlihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.

Quisioner AHP

PENGANTAR

Pada kesempatan ini, saya ingin memperkenalkan diri saya. Nama saya adalah **Muhammad Yuli Athan**, mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS, Surabaya. Saya ingin memperkenalkan juga dosen pembimbing dalam penelitian ini dan yang juga merupakan staf pengajar di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS, Surabaya.

1. Ir. **Sardono Sawitno, M.Sc.**
2. Dr. **Eng. M. Badre Zaman, S.T, M.T.**

Selengkapnya saya mengungkapkan banyak terimakasih atas pertemuan anda dalam proses pengisian quisioner ini berhubungan dengan hasil akhir terhadap perhitungan konsistensi dan matriks pada kapal. Dalam hal ini quisioner digunakan untuk penentuan ulang penentuan bahaya pada kapal pada kriteria kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komandan dengan metode AHP (Analytic Hierarchy Process) yang nantinya akan memberikan konsistensi penuh dalam hal mengambil faktor yang mempengaruhi bahaya error pada peralatan navigasi dan komandan pada kapal. Berikut kapal merupakan hal hal yang berhubungan mengenai quisioner kami:

1. Informasi yang diperoleh dari quisioner ini nanti digunakan untuk memrangkaikan perhitungan perhitungan yang akhir dan tidak digunakan untuk hal lain.
2. Sasaran dalam quisioner ini adalah untuk untuk mencapai hasil antara lain:

Jika anda mempunyai teming heran terhadap metode kriteria berkenan untuk mengisi data sebagai berikut:

Nama _____
 Nama Kelas _____
 Pekerjaan _____
 Instansi _____
 Tanggal Pengisian _____

Nama di Tanda Tangan _____

Gambar 4.5 Pengantar Quisioner

1. Petunjuk Pengisian Quisioner

Isilah quisioner dengan mengisi pada penentuan Tingkat bahaya pada kapal di Selat Bali. Skala perbandingan yang dapat digunakan sebagai petunjuk pengisian adalah sebagai berikut:

Intensitas Japungannya	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen dianggap di paragraf yang sangat sama penting sama
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen lain	Pengalaman dan penelitian untuk memperkirakan elemen tersebut lebih penting daripada elemen yang lain
5	Lebih penting	Pengalaman dan penelitian untuk memperkirakan elemen tersebut lebih penting daripada elemen tersebut lebih penting daripada elemen yang lain
7	Elemen yang satu sangat lebih penting dari pada elemen lain	Kata elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya dalam praktiknya
9	Elemen yang satu sangat lebih penting dari pada elemen lain	Elemen yang satu sangat lebih penting dari elemen lainnya dalam praktiknya
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai tersebut diberikan perbandingan yang tidak ada	Nilai ini diberikan jika dua elemen dianggap di antara dua pilihan

Contoh:
 Perbandingan antara dua buah kriteria berikut, seberapa pentingkah

Kriteria	Skala Prioritas										Kriteria							
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B
Kondisi Perawatan																		Area Pelayaran

Jika anda memilih angka 7 di kasus, berarti Area Pelayaran sangat lebih penting dari Kondisi Perawatan

Kriteria	Skala Prioritas										Kriteria							
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B
Kondisi Perawatan																		Area Pelayaran

Jika anda memilih angka 7 di kasus, berarti Kondisi Perawatan lebih penting dari Area Pelayaran

Gambar 4.6 Petunjuk Pengisian Quisioner

Terlihat pada gambar 4.5 adalah pengantar pada halaman awal quisioner yang mencantumkan pengenalan dan tujuan dari quisioner tersebut. Tujuan dari penyebaran quisioner tertulis detail untuk meyakinkan seorang responden dalam mengisi quisioner tersebut. Untuk keabsahan pengisian quisioner, terdapat kolom identitas responden agar dapat diketahui sumber dari hasil penilaian quisioner tersebut.

Pada gambar 4.6 tampak poin-poin penilaian yang dapat diberikan pada suatu elemen yang dibandingkan. Langkah ini disebut *comparative judgement*, yaitu memberikan penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan di atasnya. Terlihat pula kolom-kolom tempat pengisian penilaian beserta contoh cara pengisian sebuah penilaian, agar responden tidak salah dalam melakukan penilaian. Selain itu dibutuhkan konsistensi jawaban responden dalam menentukan prioritas elemen yang akan menentukan validitas data dan hasil pengambilan keputusan.

Penentuan responden dipilih berdasarkan tema penelitian. Pada penelitian ini kriteria-kriteria yang ada pada nilai bahaya merupakan suatu materi yang dipahami dan dialami oleh para pelaut atau ABK kapal. Sehingga responden yang dipilih adalah para pelaut, yaitu kapten dan mualim yang bertugas di daerah pelayaran Selat Bali.

4.3. Perhitungan dengan Expert Choice

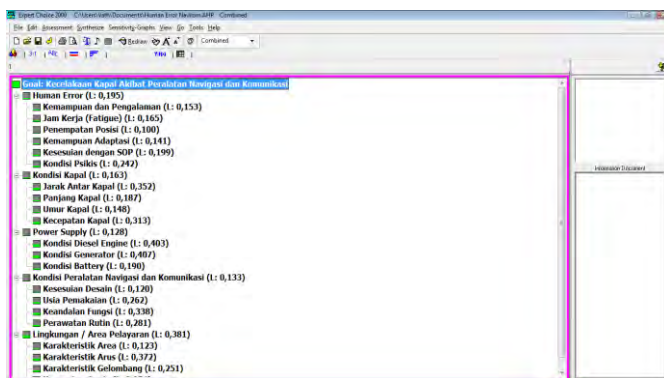
4.3.1. Tahapan sebelum Perhitungan

Pengolahan data dengan memanfaatkan perangkat lunak *expert choice* adalah untuk mendapatkan tingkat prioritas dari tiap kriteria dan subkriteria yang memberikan pengaruh pada tingkat kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi.

Terdapat tujuan tunggal pada tingkat kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi yang merupakan fokus dari

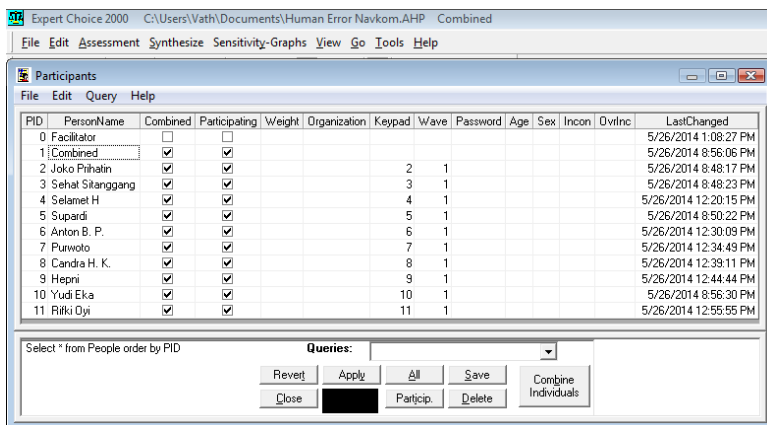
masalah tugas akhir ini. Pada titik ini nilai bobot keputusan adalah 100%. Susunan yang ada di bawah tujuan utama ini adalah seluruh kriteria dan subkriteria yang mempengaruhi nilai bahaya yang merupakan tujuan tunggal masalah ini. Bobot keseluruhan yang ada pada masalah utama harus dibagi menjadi beberapa kriteria. Setiap kriteria memperoleh nilai bobot sesuai dengan hasil penilaian responden. Terdapat beberapa metode untuk memasukkan penilaian pada *expert choice*. Namun seluruh metode memiliki dasar yang sama, yaitu dengan membandingkan seluruh kriteria untuk menetapkan penyebaran bobot kriteria tersebut. Hasil atau *output* dari penggunaan perangkat lunak *expert choice* untuk mendapatkan kriteria dengan tingkat prioritas yang lebih diutamakan dan nilai konsistensi rasio yang dapat membuktikan bahwa nilai pembobotan ini masih cukup konsisten untuk digunakan.

Tahap pertama dalam memulai penilaian dengan *expert choice* ini adalah memasukan fokus dan tujuan utama dari permasalahan, yang dalam hal ini adalah kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi. Setelah itu setiap kriteria dan subkriteria yang telah disusun pada tahap pembuatan hirarki juga harus dimasukan ke bobot penilaian dalam *expert choice* ini seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Struktur Hirarki pada *Expert Choice*

Setelah seluruh tujuan, kriteria, dan subkriteria dimasukkan ke dalam perhitungan menggunakan *expert choice*, langkah berikutnya yaitu menentukan berapa responden yang akan dijadikan patokan dalam analisis ini seperti yang tertera pada gambar 4.8. Di dalam tugas akhir ini penulis menggunakan sepuluh responden yang mempunyai profesi sebagai kapten kapal dan mualim, sehingga cocok dengan tujuan dari analisis ini. Setelah ditentukan berapa responden yang akan turut serta dalam penilaian bobot dari masing-masing kriteria dan subkriteria, maka semua responden juga harus dimasukkan kedalam daftar responden di dalam *expert choice*.

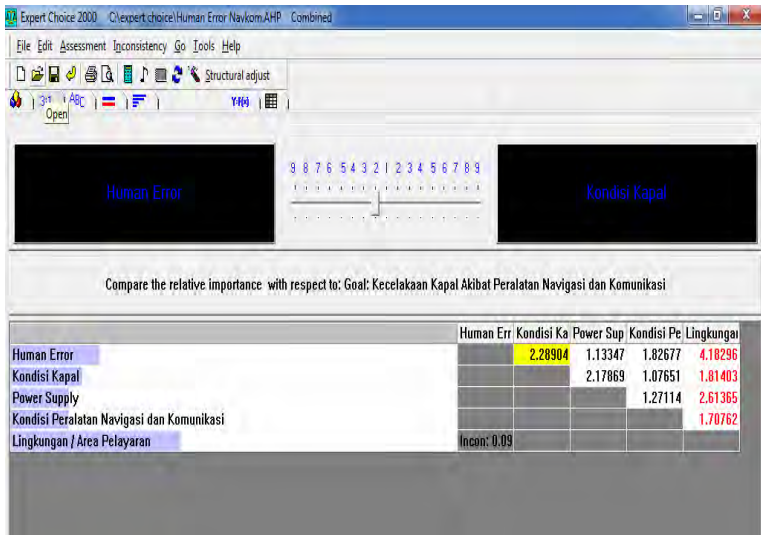


Gambar 4.8 Daftar Responden pada *Expert Choice*

4.3.2. Tahapan Perhitungan

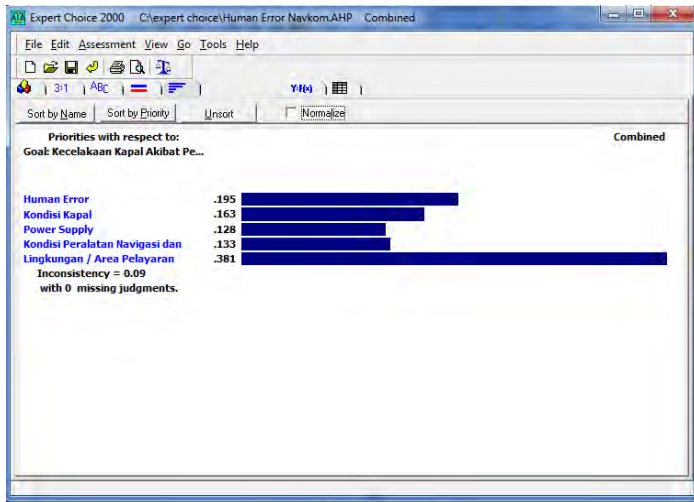
Setelah data tujuan utama, kriteria, dan subkriteria dimasukkan ke dalam perangkat lunak *expert choice*, penilaian perbandingan tiap elemen dilakukan. Proses penilaian menggunakan metode *Pairwise Numerical Comparisons*, yaitu membandingkan dua elemen dengan menggunakan skala dalam bentuk angka seperti yang terlihat pada gambar 4.9. Skala penilaian yang digunakan

sama seperti skala penilaian yang tercantum pada lembar quisioner.



Gambar 4.9 Pairwise Numerical Comparisons pada Expert Choice

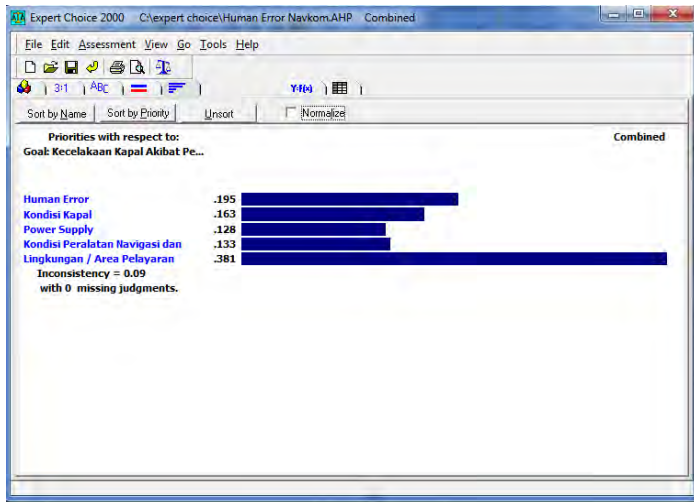
Nilai yang dimasukan dalam *expert choice* merupakan hasil rata-rata geometrik dari semua penilaian yang didasarkan pada hasil quisioner. Setelah seluruh penilaian dimasukan ke dalam *expert choice* maka akan terlihat inkonsistensi jawaban yang diberikan oleh responden. Jika nilai inkonsistensi lebih besar dari 10% (>0.1) maka hasil perhitungan tersebut tidak dapat digunakan, sehingga diharuskan mengulangi pengambilan data dengan quisioner seperti pada tahap sebelumnya. Apabila hasil dari nilai inkonsistensi kurang dari atau sama dengan 10% (>0.1) maka data tersebut dapat digunakan. Setelah semua persyaratan telah terpenuhi akan didapatkan nilai bobot relatif untuk semua kriteria dan subkriteria dari tujuan analisis, yaitu kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi seperti yang tertera pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Nilai Bobot Relatif pada *Expert Choice*

4.3.2.1. Perhitungan Bobot Relatif pada Kecelakaan Kapal akibat Peralatan Navigasi dan Komunikasi

Seperti yang telah diketahui bahwa pada analisis dengan tujuan kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi dibagi menjadi lima kriteria atau faktor yang mempengaruhi. Kriteria-kriteria tersebut adalah *human error*, kondisi kapal, *power supply*, kondisi peralatan, dan lingkungan. Dengan membandingkan semua kriteria tersebut yang diperoleh dari sepuluh responden yang telah ditentukan, dengan menggunakan metode *Pairwise Numerical Comparisons* pada *expert choice*, maka didapatkan hasil bahwa kriteria lingkungan memiliki bobot relatif paling besar dengan presentase mencapai 0.381 atau 38.1% dan dengan nilai inkonsistensi sebesar 0.09 seperti yang terlihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Nilai Bobot Relatif pada Tujuan Kecelakaan Kapal akibat Peralatan Navigasi dan Komunikasi

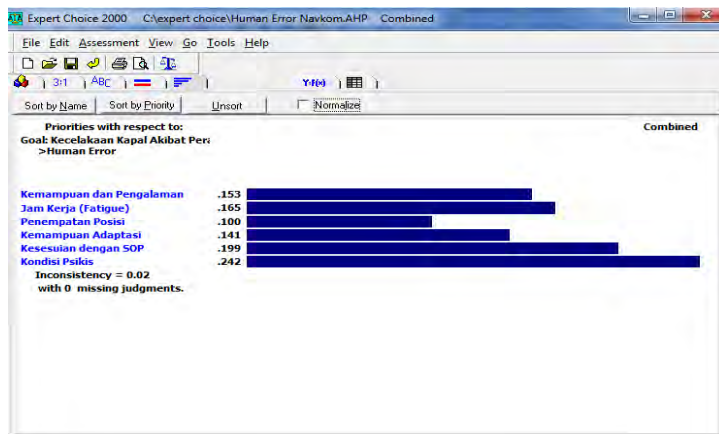
Tabel 4.1. Nilai Fungsi dan Bobot Relatif dengan Tujuan Kecelakaan Kapal akibat Peralatan Navigasi dan Komunikasi

Tujuan	Bobot	Nilai Fungsi
Kecelakaan Kapal akibat Peralatan Navigasi dan Komunikasi	1	1000
Faktor		
1. Human Error	0.195	1000
2. Kondisi Kapal	0.163	1000
3. Power Supply	0.128	1000
4. Kondisi Peralatan	0.133	1000
5. Lingkungan	0.381	1000

Nilai dari tabel 4.1 sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada perangkat lunak *expert choice* di atas menunjukkan bahwa faktor atau kriteria lingkungan memiliki bobot relatif paling besar. Disusul oleh faktor atau kriteria *human error* sebesar 0.195, faktor atau kriteria kondisi kapal sebesar 0.163, faktor atau kriteria kondisi peralatan sebesar 0.133, dan yang terakhir adalah faktor atau kriteria *power supply* sebesar 0.128.

4.3.2.2. Perhitungan Bobot Relatif pada Faktor Human Error

Pada perhitungan sebelumnya, *human error* menempati posisi kedua bobot relatif yang mempengaruhi kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi sebesar 0.195. Faktor atau kriteria *human error*, dibagi menjadi enam subkriteria. Subkriteria tersebut adalah kemampuan dan pengalaman, jam kerja, penempatan posisi, kemampuan adaptasi, kesesuaian dengan SOP, dan kondisi psikis. Dengan membandingkan semua subkriteria tersebut dari sepuluh responden yang telah ditentukan, maka didapatkan subkriteria kondisi psikis memiliki bobot relatif paling besar yaitu 0.242 atau 24.2% dengan nilai inkonsistensi sebesar 0.02 seperti yang terlihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Nilai Bobot Relatif pada Faktor *Human Error*

Tabel 4.2 Nilai Fungsi dan Bobot Relatif Faktor *Human Error*

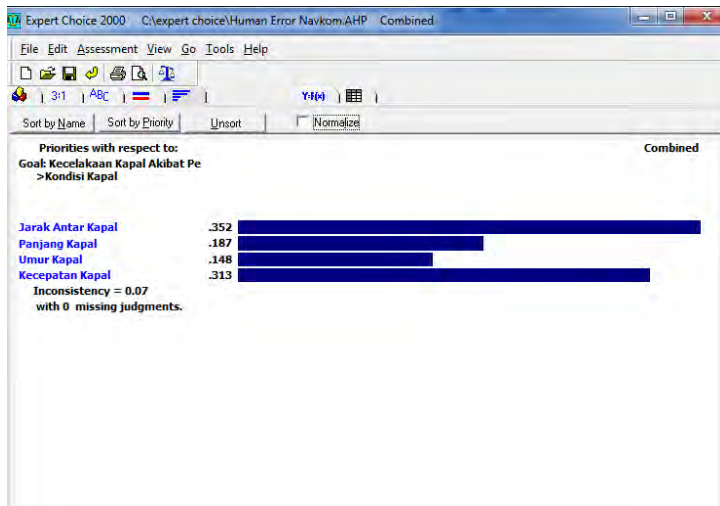
Faktor	Bobot	Nilai Fungsi
Human Error	0.195	1000
Subkriteria		
1. Kemampuan dan Pengalaman	0.153	195
2. Jam Kerja	0.165	195
3. Penempatan Posisi	0.100	195
4. Kemampuan Adaptasi	0.141	195
5. Kesesuaian dengan SOP	0.199	195
6. Kondisi Psikis	0.242	195

Nilai dari tabel 4.2 sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada *software expert choice* menunjukkan bahwa kondisi psikis memiliki bobot relatif paling besar. Disusul oleh kesesuaian dengan SOP sebesar 0.199, jam kerja sebesar 0.165, kemampuan dan pengalaman sebesar 0.153, kemampuan adaptasi sebesar 0.141, dan yang terkecil adalah penempatan posisi sebesar 0.100.

4.3.2.3. Perhitungan Bobot Relatif pada Faktor Kondisi Kapal

Pada perhitungan faktor atau kriteria kondisi kapal mempunyai bobot relatif 0.163, dan dibagi menjadi empat subkriteria. Subkriteria tersebut adalah jarak antar kapal, panjang kapal, umur kapal, dan kecepatan kapal. Dengan membandingkan semua subkriteria yang ada dari sepuluh responden yang telah ditentukan, maka didapatkan subkriteria jarak antar kapal memiliki bobot relatif paling besar diantara subkriteria lain yaitu

0.352 atau 35.2% dengan nilai inkonsistensi sebesar 0.07 seperti pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Nilai Bobot Relatif pada Faktor Kondisi Kapal

Tabel 4.3 Nilai Fungsi dan Bobot Relatif Faktor Kondisi Kapal

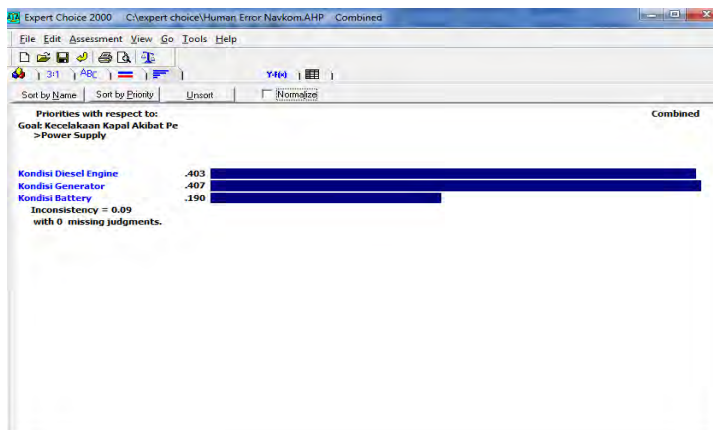
Faktor	Bobot	Nilai Fungsi
Kondisi Kapal	0.163	1000
Subkriteria		
1. Jarak Antar Kapal	0.352	163
2. Panjang Kapal	0.187	163
3. Umur Kapal	0.148	163
4. Kecepatan Kapal	0.313	163

Nilai dari tabel 4.3 sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada *software expert choice* menunjukkan bahwa jarak antar kapal memiliki bobot relatif paling besar. Disusul oleh

kecepatan kapal sebesar 0.313, panjang kapal sebesar 0.187, dan yang terkecil adalah umur kapal sebesar 0.148.

4.3.2.4. Perhitungan Bobot Relatif pada Faktor Power Supply

Pada perhitungan faktor atau kriteria *power supply* mempunyai bobot relatif terkecil yaitu sebesar 0.128, dan dibagi menjadi tiga subkriteria. Subkriteria tersebut adalah kondisi diesel engine, kondisi generator, dan kondisi *battery*. Dengan membandingkan semua subkriteria yang ada, maka didapatkan subkriteria kondisi generator memiliki bobot relatif paling besar diantara subkriteria lain yaitu 0.407 atau 40.7% dengan nilai inkonsistensi sebesar 0.09 seperti yang terlihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Nilai Bobot Relatif pada Faktor *Power Supply*

Tabel 4.4 Nilai Fungsi dan Bobot Relatif Faktor *Power Supply*

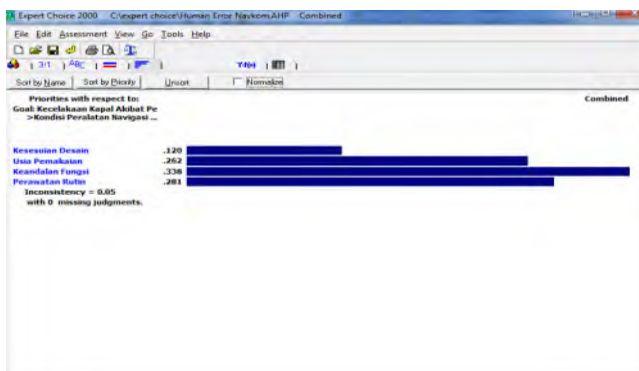
Faktor	Bobot	Nilai Fungsi
Power Supply	0.128	1000
Subkriteria		
1. Kondisi Diesel	0.403	128

Engine		
2. Kondisi Generator	0.407	128
3. Konndisi Battery	0.190	128

Nilai dari tabel 4.4 sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada *software expert choice* menunjukkan bahwa kondisi generator memiliki bobot relatif paling besar. Disusul oleh kondisi diesel engine sebesar 0.313, dan yang terkecil adalah kondisi *battery* sebesar 0.148.

4.3.2.5. Perhitungan Bobot Relatif pada Faktor Kondisi Peralatan

Pada perhitungan faktor atau kriteria kondisi peralatan mempunyai bobot relatif 0.133, dan dibagi menjadi empat subkriteria. Subkriteria tersebut adalah kesesuaian desain, usia pemakaian, keandalan fungsi, dan perawatan rutin. Dengan membandingkan semua subkriteria yang ada dari sepuluh responden yang telah ditentukan, maka didapatkan subkriteria keandalan fungsi memiliki bobot relatif paling besar diantara subkriteria lain yaitu sebesar 0.338 atau 33.8% dengan nilai inkonsistensi sebesar 0.05 seperti pada gambar 4.15



Gambar 4.15 Nilai Bobot Relatif pada Faktor Kondisi Peralatan

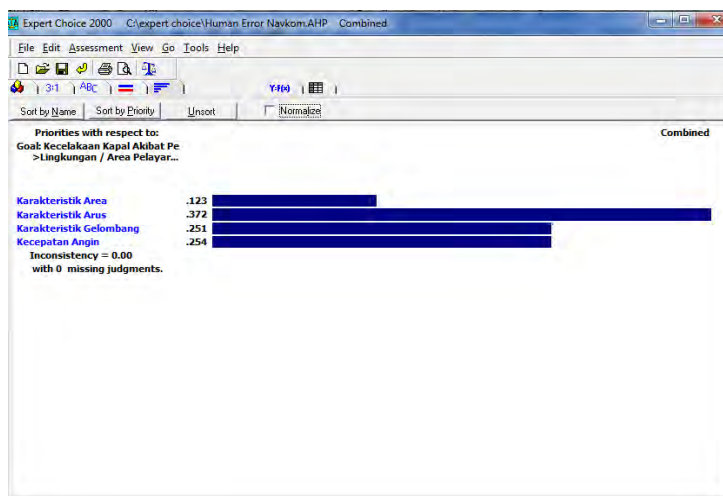
Tabel 4.5 Nilai Fungsi dan Bobot Relatif Faktor Kondisi Peralatan

Faktor	Bobot	Nilai Fungsi
Kondisi Peralatan	0.133	1000
Subkriteria		
1. Kesesuaian Desain	0.120	133
2. Usia Pemakaian	0.262	133
3. Keandalan Fungsi	0.338	133
4. Perawatn Rutin	0.281	133

Nilai dari tabel 4.5 sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada *software expert choice* menunjukkan bahwa keandalan fungsi memiliki bobot relatif paling besar. Disusul oleh perawatan rutin sebesar 0.281, usia pemakaian sebesar 0.262, dan yang terkecil adalah kesesuaian desain sebesar 0.120.

4.3.2.6. Perhitungan Bobot Relatif pada Faktor Lingkungan

Pada perhitungan faktor atau kriteria lingkungan atau menempati posisi terbesar dalam bobot relatif yang mempengaruhi kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi dengan bobot relatif mencapai 0.381. Faktor atau kriteria lingkungan ini dibagi menjadi empat subkriteria. Subkriteria tersebut adalah karakteristik area, karakteristik arus, karakteristik gelombang, dan kecepatan angin. Dengan membandingkan semua subkriteria yang ada dari sepuluh responden yang telah ditentukan, maka didapatkan subkriteria karakteristik arus memiliki bobot relatif paling besar diantara subkriteria lain yaitu sebesar 0.372 atau 37.2% dengan semua nilai konsisten atau nilai inkonsistensi sebesar 0.00 seperti pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Nilai Bobot Relatif pada Faktor Lingkungan

Tabel 4.6 Nilai Fungsi dan Bobot Relatif Faktor Lingkungan

Faktor	Bobot	Nilai Fungsi
Kondisi Peralatan	0.381	1000
Subkriteria		
1. Karakteristik Area	0.123	381
2. Karakteristik Arus	0.372	381
3. Karakteristik Gelombang	0.251	381
4. Kecepatan Angin	0.254	381

Nilai dari tabel 4.6 sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada *software expert choice* menunjukkan bahwa karakteristik arus memiliki bobot relatif paling besar. Disusul oleh kecepatan angin sebesar 0.254, karakteristik gelombang sebesar 0.251, dan yang terkecil adalah karakteristik area sebesar 0.123.

4.4 Analisis Human Error dengan SHELL Model

4.4.1. Human Factor

Membahas mengenai *human error* tidak bisa dilepaskan dari *human factor*, karena terjadinya *human error* berkaitan langsung dengan *human factor*. Yang dimaksud *human factor* dalam tugas akhir ini adalah manusia yang bertanggung jawab atas peralatan navigasi dan komunikasi selama kapal berlayar atau dengan kata lain dalam hal ini tentu saja kapten atau nahkoda kapal beserta mualim. Yang dimaksud nahkoda dalam **pasal 341 KUHD dan pasal 1 ayat 12 UU. No.21 Th.1992**, maka definisi dari nahkoda adalah seseorang yang sudah menanda tangani Perjanjian Kerja Laut (PKL) dengan Pengusaha Kapal dimana dinyatakan sebagai nahkoda, serta memenuhi syarat sebagai nahkoda dalam arti untuk memimpin kapal sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku. Kemudian perlu diketahui adalah apa saja tugas seorang kapten atau nahkoda kapal selama pelayaran. Secara garis besar tugas dan kewajiban seorang nahkoda adalah sebagai berikut.

1. Memperlengkapi kapalnya dengan sempurna.
2. Mengawaki kapalnya secara layak sesuai prosedur/aturan.
3. Membuat kapalnya layak laut (*seaworthy*).
4. Bertanggung jawab atas keselamatan pelayaran.
5. Bertanggung jawab atas keselamatan para pelayar yang ada diatas kapalnya.
6. Mematuhi perintah pengusaha kapal selama tidak menyimpang dari peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Sedangkan *human factor* yang dapat menyebabkan *human error* juga dapat dipengaruhi dalam berbagai macam hal. Adapun faktor-faktor tersebut adalah:

1. Kondisi Fisik
2. Kondisi Psikis
3. Desain Ergonomi
4. Sistem Manajemen Perusahaan
5. Lingkungan
6. Komunikasi

4.4.1.1. Kondisi Fisik

Berkaitan dengan kondisi nahkoda, jika kondisi fisik dari nahkoda tidak dalam keadaan prima maka kesalahan atau *error* pada seorang nahkoda dapat terjadi. Salah satunya karena mengalami *fatigue* atau merupakan pengurangan keadaan fisik dan mental sebagai hasil dari tidak sempurnanya fisik dan emosional yang dapat mengurangi hampir semua kemampuan fisik, termasuk kekuatan, kecepatan reaksi, koordinasi, pengambilan keputusan dan keseimbangan. Faktor ini merupakan masalah serius dalam dunia pelayaran.

4.4.1.2. Kondisi Psikis

Merupakan suatu keadaan atau kondisi dari seorang yang tidak dapat menerima keadaan karena dipengaruhi suatu tekanan yang tidak dapat diterima seperti tekanan lingkungan kerja dan beban kerja yang tidak sesuai dengan keinginannya. Sehingga pada akhirnya psikis orang tersebut tidak mampu untuk menerima beban yang berat dan dapat mengakibatkan terjadinya penyimpangan perilaku yang tidak semestinya dan dapat membahayakan orang lain.

4.4.1.3. Desain Ergonomi

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu

dengan efektif, aman, dan nyaman (Sutalaksana, 1979). Dalam hal ini ditekankan pada bagaimana posisi peralatan navigasi dan komunikasi dapat dikendalikan secara efektif, aman, dan nyaman.

4.4.1.3.1. Desain Ergonomi dari Dek Navigasi

Secara umum dalam mendesain ergonomi dari dek atau ruang navigasi memiliki beberapa pertimbangan. Adapun pertimbangan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Mengatur Peralatan pada Dek Navigasi Untuk Memaksimalkan Akses

Hal ini bertujuan untuk meminimalkan *traffic* di dek navigasi. Yang perlu dilakukan adalah mengelompokkan semua peralatan, komponen, dan segala hal yang berda di dek navigasi sesuai dengan frekuensi, tingkat kepetingan, dan keberlanjutan dalam pemakaian. Contohnya seperti menempatkan peralatan komunikasi antar kapal berdekatan dengan radar *displays* dan *maneuvering stations*. Dan yang harus diperhatikan adalah seorang nahkoda dapat melakukan beberapa tugas atau kewajibannya dalam bertugas hanya dalam satu posisi atau tidak berpindah tempat. Pengelompokan yang sama juga dilakukan terhadap semua tabel informasi, data kapal, dan perencanaan serta dokumentasi sesuai dengan fungsinya agar dapat mendukung sistem operasional.

2. Desain Sederhana dan Akses Mudah

Tujuan dari hal ini adalah untuk mengoptimalkan dan efisiensi dalam bekerja. Hal ini dapat dilakukan dengan cara merancang tempat kerja yang dapat diakses dengan mudah oleh manusia, pemberian *coding* pada setiap peralatan, menyediakan petunjuk pemakaian untuk semua peralatan yang bekerja secara otomatis, adanya *feedback* dari setiap *control actions*, dan menyediakan sistem komputerisasi yang sederhana dalam sistem navigasi.

3. Didesain untuk Memaksimalkan Performa dan Mengurangi Human Error

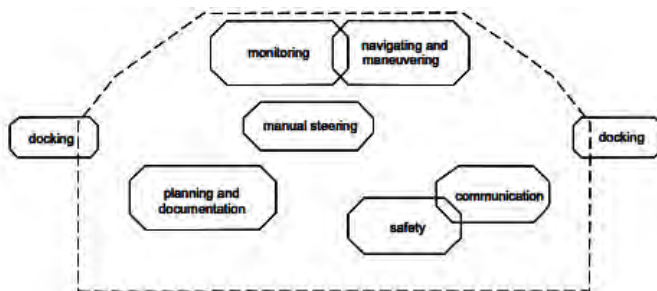
Semua kegiatan yang dapat mengakibatkan bahaya secara langsung pada kapal, manusia, dan lingkungan harus dilengkapi dengan *guard controls* atau jika itu berhubungan dengan *software*, kegiatan yang mempunyai potensi bahaya harus dilengkapi dengan tombol konfirmasi. Kemudian menghindari banyaknya pergerakan manusia di dalam dek navigasi dengan cara menata peralatan komunikasi sesuai dengan fungsi, kepentingan, dan intensitas pemakaian serta menggunakan peralatan komunikasi yang *portable* atau tanpa kabel.

4.4.1.3.2. Layout dan Perancangan Dek Navigasi

Dalam hal ini bertujuan untuk mengetahui fungsi dasar dan kebutuhan desain dari dek navigasi. Serta untuk meyakinkan bahwa desain dari dek navigasi telah memenuhi standar keamanan, didesain untuk kemudahan akses dan penggunaan peralatan, dan untuk mengurangi *fatigue* serta beban kerja.

1. Desain Umum Dek Navigasi

Layout dek navigasi, termasuk lokasi dan layout dari tempat kerja individu harus memenuhi kebutuhan dari masing-masing fungsi seperti yang tertera pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Layout Ruang Navigasi Secara Umum

Sehingga perancangan ruang navigasi dapat diatur sesuai dengan fungsi dari masing-masing komponen yang terdapat dalam ruang navigasi.

- **Vessel Control**

Peralatan kontrol kapal harus ditempatkan pada tempat tertentu pada ruang navigasi di mana hanya alat instrumentasi dan kontrol yang digunakan untuk navigasi dan *maneuver* berada.

- **Navigating dan Maneuvering Workstations**

1. **Lokasi**

Ruang kerja untuk kegiatan navigasi dan *maneuver* harus mudah diakses, jika memungkinkan dapat ditempatkan pada sisi *starboard* dekat dengan *centerline*.

2. **Didesain untuk Satu atau Dua Operator**

Ruang kerja untuk kegiatan navigasi dan *maneuvering* dan peralatan yang membutuhkan pengamatan harus ditempatkan sedekat mungkin agar dapat dioperasikan oleh seorang operator. Semua informasi yang diperlukan untuk menunjang performa harus disediakan dan dapat diakses tanpa berpindah tempat kerja. Ruang kerja utama harus direncanakan, didesain, dan ditempatkan pada ruang yang cukup untuk tidak kurang dari dua orang, tetapi juga harus cukup efisien untuk dioperasikan oleh satu orang.

3. **Visibilitas pada Dek Navigasi**

Seorang navigator harus dapat melihat secara langsung dan jelas area di depan ruang navigasi di *superstructures* dari *wheelhouse*. Dan lebar total dari akses ini harus dapat mengakomodasi dua orang.

- **Manual Steering Workstation**

Lokasi yang dianjurkan untuk *manual steering workstation* adalah tepat pada *centerline* kapal. Jika tidak terletak tepat di *centerline*, maka diwajibkan untuk memasang *steering* khusus untuk digunakan selama siang dan malam. Jika pandangan ke depan terganggu dengan adanya *crane*, maka *steering* dapat dipindahkan pada sisi *starboard* dari *centerline* untuk mendapatkan pandangan depan yang lebih jelas.

- **Monitoring Workstation**

Monitoring workstation harus dengan mudah diakses, jika memungkinkan dapat ditempatkan pada *portside* dari *centerline* kapal.

- **Main Stations Communication**

Dari *monitoring workstation* harus dapat melihat dan mendengarkan orang-orang yang berada di ruang navigasi. Jika jaraknya terpisah cukup jauh, maka diperlukan alat komunikasi dua arah agar dapat berkomunikasi dalam segala kondisi operasi.

2. Traffic

- **Clear Route Across the Wheelhouse**

Lebar lajur menuju ke *wheelhouse* tidak boleh kurang dari 1200 mm (47 inci) dan lebar dari pintu *bridge wing* tidak boleh kurang dari 900 mm (36 inci).

- **Obstructions at the Point of Entry**

Tidak boleh ada halangan antara pintu masuk menuju *bridge wing* dan *wheelhouse* dari dek yang lebih rendah.

- **Adjacent Workstations**

Jarak antar *workstation* yang berdekatan tidak boleh menghalangi akses orang untuk berpindah tempat.

Lebar jarak akses di *passageways* antara *workstation area* yang berbeda tidak kurang dari 700 mm (28 inci).

- **Pintu**

Semua pintu pada *wheelhouse* harus dapat dioperasikan dengan satu tangan. Pintu pada *bridge wing* tidak boleh menutup dengan sendirinyayang artinya dijaga agar terbuka.

- **Main Workstations**

Main workstation yang digunakan untuk navigasi, *maneuver*, *manual steering*, dan komunikasi tidak boleh menutupi area kerja dengan *transverse axis* lebih panjang dari 15 meter (49 kaki)

4.4.1.3.3. Konsol dan Desain Ruang Kerja

Dalam hal ini akan membahas penggunaan konsol dan *workstation* pada ruang navigasi. Tujuannya adalah untuk mendesain ruang yang dapat digunakan secara efisien di ruang navigasi.

1. Konfigurasi Workstation Area

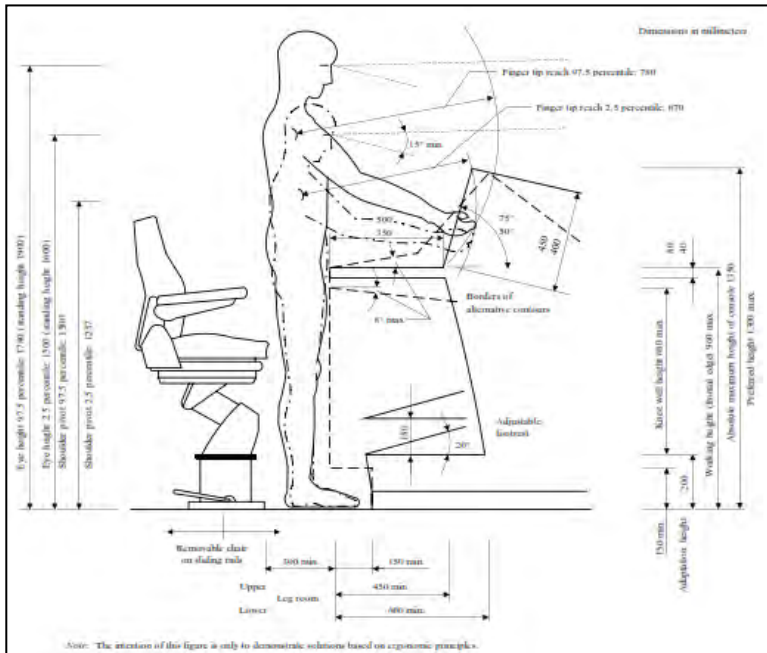
Ruang kerja utama harus direncanakan, didesain, dan ditempatkan pada ruang yang cukup untuk tidak kurang dari dua orang, tetapi juga harus cukup efisien untuk dioperasikan oleh satu orang.

2. Single Watchstander Console

Konsol harus didesain sehingga dari posisi normal seorang navigator dapat mengoperasikan peralatan instrumentasi dan kontrol yang diperlukan untuk kegiatan navigasi dan *maneuvering*. Lebar dari konsol yang didesain untuk dioperasikan oleh satu orang tidak boleh melebihi 1600 mm (63 inci).

3. Desain Konsol untuk Dua Kondisi Operasional

Pada gambar 4.18 dan gambar 4.19 memperlihatkan konfigurasi dan dimensi dari konsol yang digunakan oleh kru kapal dari dua posisi operasi yang berbeda, yaitu ketika berdiri dan duduk.



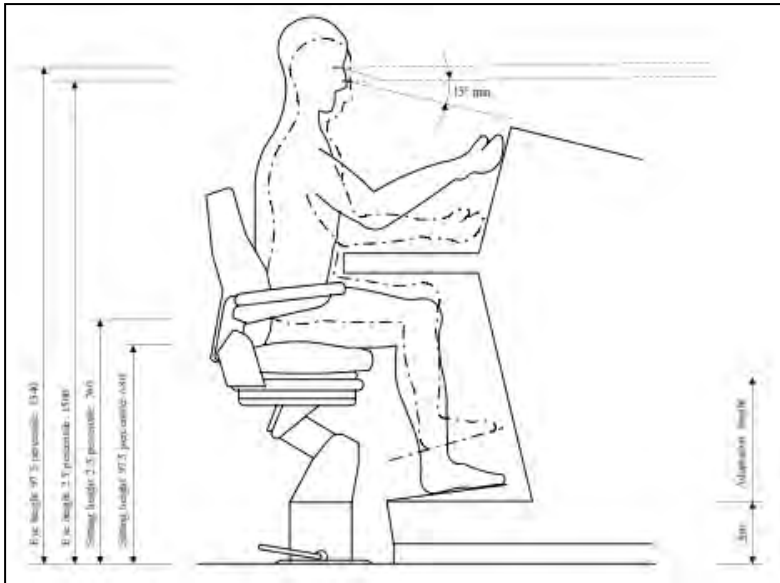
Gambar 4.18 Kondisi Operasi saat Berdiri

4. Sudut Pengelihan

Konsol harus didesain sehingga total sudut pengelihan dari kiri ke kanan tidak melebihi 190° .

5. Tinggi Konsol

Tinggi maksimal dari konsol tidak boleh melebihi 1200 mm (47 inci)



Gambar 4.19 Kondisi Operasi saat Duduk

6. Console Leg Room

Leg room paling atas dari konsol harus mempunyai panjang minimal 450 mm (18 inci) dan leg room paling bawah dari konsol mempunyai panjang minimal 600 mm (25 inci)

7. Dimensi Chart Table

Ukuran dari *chart table* harus cukup besar untuk mengakomodasi semua ukuran *chart* yang normal digunakan secara internasional untuk kegiatan kemaritiman. *Chart table* tersebut juga harus dilengkapi fasilitas untuk pencahayaan. Dimensi *chart table* harus mempunyai:

- Lebar : Tidak kurang dari 1200 mm
- Panjang : Tidak kurang dari 850 mm
- Lebar : Tidak kurang dari 900 mm dan tidak melebihi 1000 mm

8. Desain Kursi

Desain kursi di *workstation* pada saat posisi operasi duduk harus dapat berputar dan dipindah dari area operasional.

4.4.1.3.4. Lokasi Peralatan dan Instrumentasi

Dalam hal ini tidak bermaksud untuk mencegah penggunaan kontrol atau teknik tampilan terbaru, asalkan memiliki teknik tersebut memberikan performa kerja yang sama atau lebih baik.

1. Lokasi di atas Jendela Depan

Instrumen tertentu yang menampilkan informasi untuk lebih dari satu *workstation* dapat ditempatkan di atas jendela depan, jika dimensinya memungkinkan. Instrumen atau *display* tersebut adalah tujuan, kapal, kecepatan angin dan arah relatif, kedalaman air, kecepatan kapal (misalnya, dari GPS), tingkat putaran, sudut kemudi, RPM dari propeler, waktu dan *pitch* propeler.

2. Instrumentasi dan Peralatan pada Navigating dan Maneuvering Workstation

Setiap *workstation* harus mampu menyajikan informasi dasar dan harus berisi peralatan yang dibutuhkan sehingga memungkinkan navigator untuk melaksanakan fungsi dan tugas-tugas yang relevan secara aman. Prinsip-prinsip ergonomis dan pandangan dari yang berpengalaman, dan kru dek yang bertugas mengawasi harus dipertimbangkan dalam desain *workstation*.

Sistem informasi dan kontrol kemungkinan harus dibuat tersedia untuk *workstation* untuk kegiatan navigasi dan maneuver sedemikian rupa, sehingga tugas-tugas dari masing-masing stasiun ini dapat secara efisien dilakukan. Kategori dasar informasi instrumen dan peralatan untuk fungsi yang akan dilakukan dijelaskan seperti berikut.

- **Fungsi Navigational**

Fungsi navigasi mencakup fasilitas untuk komunikasi internal dan eksternal secara langsung terkait dengan navigasi kapal. Komunikasi eksternal termasuk berkomunikasi dengan kapal lain dalam situasi lalu lintas, layanan operasi pelabuhan dan *vessel movement service* (didefinisikan dalam peraturan radio). Fungsi navigasi, kontrol, dan tampilan harus dirancang untuk memungkinkan kru di dek navigasi dapat :

1. Menentukan posisi kapal, program, jalur, dan kecepatan.
2. Mengubah program.
3. Melakukan komunikasi internal dan eksternal yang berhubungan dengan navigasi.
4. Memantau waktu, program, kecepatan dan jalur, dan *pitch propeller*.

- **Fungsi Manuver**

Kontrol manuver dan *display* harus dirancang untuk memungkinkan kru di dek navigasi dapat :

1. Menganalisis situasi lalu lintas.
2. Penentuan dalam menghindari tabrakan.
3. Mengubah program.
4. Perubahan kecepatan.
5. Dapat melakukan komunikasi internal dan eksternal yang terkait dengan manuver.
6. Mengoperasikan sistem bantuan docking.
7. Memantau waktu, program, kecepatan dan jalur, dan *pitch propeller*.

4.4.1.3.5. Perangkat Komunikasi

1. Komunikasi Internal dan Eksternal

Apabila peralatan komunikasi untuk komunikasi internal atau eksternal dipasang di ruang navigasi, harus dipasang dan

digunakan sedemikian rupa sehingga tidak boleh mengganggu navigasi kapal.

2. Peralatan Komunikasi Tambahan

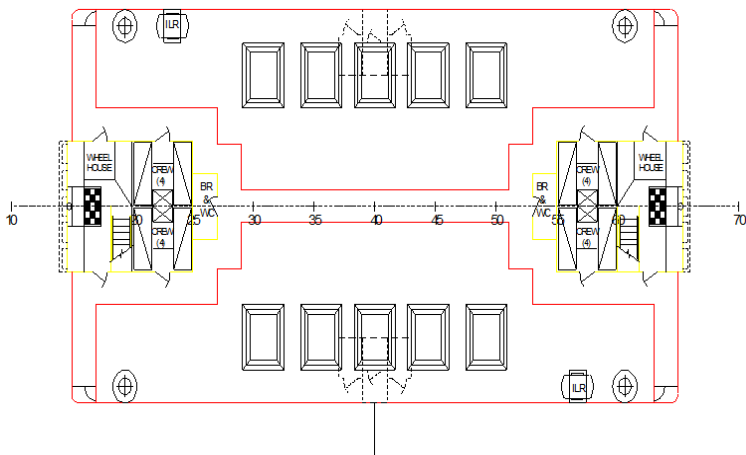
Peralatan komunikasi tambahan dipasang di jembatan kapal harus dipasang di *communications workstation*. Bagian-bagian dari peralatan komunikasi tersebut tidak dipasang dengan kontrol operasi dan *displays* dan bahwa, dengan alasan ukuran atau pertimbangan praktis lainnya tidak dapat dipasang di *workstation* maka dapat dipasang di tempat lain pada kapal.

- Operasi
Dimungkinkan bagi navigator untuk mengoperasikan peralatan komunikasi yang terletak di ruang navigasi. *Communications workstation* dapat terletak berdekatan dengan *navigation workstation*. *Navigation workstation* dapat dilengkapi dengan fasilitas untuk remot kontrol peralatan komunikasi tambahan, sehingga navigator dapat menggunakan peralatan dalam posisi kerja normal.
- Navigator Unavailable
Peralatan komunikasi di ruang navigasi harus diatur sehingga setiap kali situasi tidak mengizinkan navigator untuk mengoperasikan peralatan komunikasi tambahan, navigator dapat dibebaskan dari tugas ini. *Workstation* komunikasi atau *workstation* navigasi, jika remot kontrol terpasang, harus mencakup fasilitas untuk *routing* atau langsung mentransfer komunikasi ke sebuah posisi lain di kapal. Navigator harus dapat memanggil orang lain menuju *workstation* komunikasi, setiap kali navigator tidak mampu untuk mengoperasikan komunikasi tersebut karena tugas navigasi.

Sedangkan untuk mengetahui peralatan navigasi dan komunikasi apa saja yang harus ada dalam suatu kapal bergantung dari area pelayaran dan ukuran atau dimensi kapal. Untuk ukuran kapal yang digunakan sebagai tempat penelitian di Selat Bali adalah sebagai berikut.

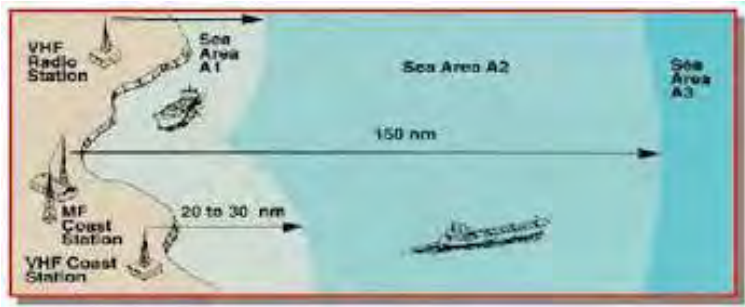
1. Nama Kapal : KMP Dharma Ferry I
2. Loa : 46 m
3. Lwl : 39 m
4. Lebar (B) : 12 m
5. Tinggi (H) : 3 m
6. Draft (T) : 1.9 m
7. Main Engine : 2 x 400HP / 1800 RPM
8. Speed (Vs) : 11 knot

NAVIGATION DECK



Gambar 4.20 Dek Navigasi KMP Dharma Ferry I

Dan dengan *gross tonnage* kurang dari 150 GT. Sedangkan area pelayaran dari kapal tersebut adalah area pelayaran A1 yang artinya antenna radio dari kapal masi berada dalam radius 20-30 nm dari stasiun radio VHF di darat seperti pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 Rentang Jarak Area Pelayaran
(gmdss.com.au)

Dengan begitu dapat ditentukan untuk peralatan navigasi dan komunikasi yang harus ada adalah sebagai berikut. Untuk peralatan komunikasi:

1. VHF Radio
2. AIS-SART
3. NAVTEX
4. EPIRB
5. Radio VHF Dua Arah
6. Internal Telephone

Sedangkan untuk peralatan navigasi adalah sebagai berikut.

1. Standart Magnetic Compass
2. GPS
3. AIS
4. Radar
5. Daylight Signaling Lamp
6. Lampu Navigasi
7. Horn

Dari setiap peralatan tersebut maka potensi kesalahan manusia atau human error dari masing-masing peralatan adalah sebagai berikut :

Peralatan Komunikasi :

1. VHF Radio

Potensi kesalahan manusia atau *human error* yang dapat terjadi dalam pengoperasian VHF Radio adalah rentang frekuensi yang tidak sesuai, letak radio VHF yang terlalu jauh dari operator, dan juga adanya gangguan frekuensi yang menyebabkan saluran lain dapat masuk.

2. AIS-SART

AIS-SART (*Search and Rescue Transmitter*) digunakan untuk mengirimkan sinyal yang menunjukkan lokasi sebuah sekoci penyelamat atau perahu darurat menggunakan sebuah peralatan penerima berstandar AIS kelas A. Kesalahan yang dapat dilakukan oleh manusia atau operator antara lain, kesalahan penempatan yang mengakibatkan kesalahan pembacaan data, posisi *displays* pada konsol dari AIS-SART yang tidak sesuai dengan sudut yang telah ditentukan, dan juga desain tempat duduk yang tidak sesuai dengan rekomendasi yang telah ada.

3. NAVTEX

Navtex (*navigational telex*) adalah perantara frekuensi internasional secara otomatis, melalui pelayanan cetak langsung untuk pengiriman pada bagian navigasi. Navtex menerima berita-berita navigasi dan meteorologi yang dipancarkan oleh stasiun pantai sesuai dengan daerah pelayaran navigasi. Kesalahan yang dapat dilakukan oleh manusia pada alat navtex adalah kesalahan informasi akibat seseorang yang bukan pada bidangnya menerima informasi tersebut dan adanya

keterlambatan seorang kru untuk menerima informasi yang telah dikirimkan.

4. EPIRB

Prinsip Kerja EPIRB adalah ketika beacon aktif, sinyal akan diterima oleh satelit selanjutnya diteruskan ke *Local User Terminal* (LUT) untuk diproses seperti penentuan posisi, *encoded data*, dan lain-lainnya. Selanjutnya data ini diteruskan ke *Mission Control Centre* (MCC) untuk diolah. Bila posisi tersebut diluar wilayahnya akan dikirim ke MCC yang bersangkutan, bila di dalam wilayahnya maka akan diteruskan ke instansi yang bertanggung jawab. Kesalahan yang mungkin terjadi pada peralatan EPIRB adalah teridentifikasinya penggunaan perangkat beacon yang ternyata telah kuno penggunaannya di internasional dan peletakkannya yang tidak mudah diakses oleh kru kapal.

5. Radio VHF Dua Arah

Perbedaan dengan pembahasan sebelumnya, radio VHF dua arah ini lebih difokuskan untuk berkomunikasi dua arah. Komunikasi dapat dilakukan anatar kapal, maupun melakukan kontak darurat pada saat kondisi yang membahayakan. Kesalahan yang dapat terjadi adalah adanya gangguan akibat frekuensi lain masuk ke saluran komunikasi, suara yang diterima tidak jelas, dan tidak adanya fasilitas *routing*.

6. Internal Telephone

Telepon internal adalah alat untuk berkomunikasi dua arah antara anjungan dan ruang-ruang di kapal atau alat komunikasi antar ruangan. Untuk komunikasi antar anjungan dengan kamar mesin dipasang telepon khusus. Telepon ini harus dipasang di ruang anjungan, kamar kapten, kkm dan perwira dek, ruang salon, ruang

kontrol kamar mesin, ruang mesin, dapur, ruang *steering gear* dan ruang lain yang penting. Kesalahan manusia yang mungkin terjadi akibat telepon internal adalah kesalahan informasi akibat yang menerima telepon adalah seseorang tidak bertugas untuk mengangkat telepon tersebut, letak telepon tidak dapat dijangkau dengan mudah, tidak adanya operator di tempatnya ketika ada panggilan dari internal telepon.

Peralatan Navigasi :

1. Standart Magnetic Compass

Kompas magnet merupakan kompas utama sebagai alat untuk penentu arah kapal. Kompas dipasang di anjungan kapal atau di geladak atau diatas anjungan. Kompas magnet harus selalu dikoreksi, karena kemungkinan pengaruh logam sekitar magnet. Untuk kepentingan pembacaan dimalam hari, rumah kompas harus dilengkapi lampu penerangan. Kesalahan yang dapat terjadi akibat kompas magnet adalah kesalahan pembacaan arah mata angin akibat pengaruh logam di sekitar magnet dan kesalahan pembacaan pada malam hari akibat tidak adanya lampu penerangan di rumah kompas.

2. GPS

Merupakan peralatan elektronik untuk mengetahui dan menentukan posisi kapal berdasarkan derajat lintang dan bujurinya, sehingga dengan mudah kapal dapat diketahui posisinya secara tepat apabila diplot pada peta. Alat ini bekerja dengan bantuan satelit. GPS juga dapat melihat dan mengikuti jejak pelayaran kapal secara tepat. Kesalahan yang dapat terjadi akibat peralatan GPS adalah letak GPS tidak sesuai, dalam memonitor GPS sudut pengelihatan melebihi batas maksimal, dan tidak menggunakan GPS yang sesuai standar.

3. AIS

Automatic Identification System (AIS) adalah sebuah sistem yang digunakan pada kapal dan *Vessel Traffic Services* (VTS) atau Pelayanan Lalu Lintas Kapal yang secara prinsip untuk identifikasi dan lokasi tempat berlayarnya kapal. AIS menyediakan sebuah alat bagi kapal untuk menukar data secara elektronik termasuk: identifikasi, posisi, kegiatan atau keadaan kapal, dan kecepatan, dengan kapal terdekat yang lainnya dan stasiun VTS. Kesalahan yang mungkin terjadi pada peralatan AIS adalah peletakan *displays* dari AIS tidak sesuai dengan peraturan dan melebihi batas sudut maksimal, kesalahan pembacaan akibat peletakan monitor AIS tidak sesuai, dan juga dimensi dari tempat AIS atau meja petanya tidak sesuai dengan ketentuan.

4. Radar

Radar singkatan dari *Radio Detection and Ranging* adalah peralatan navigasi elektronik terpenting dalam pelayaran. Pada dasarnya radar berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur jarak suatu obyek di sekeliling kapal. Disamping dapat memberikan petunjuk adanya kapal, pelampung, kedudukan pantai dan obyek lain disekeliling kapal, alat ini juga dapat memberikan baringan dan jarak antara kapal dan objek-objek tersebut. Hampir tidak pernah ditemukan kesalahan manusia dalam pengoperasian radar. Adapun kemungkinan gangguan yang terjadi pada radar adalah suplai listrik yang tidak stabil dan mengakibatkan radar mengalami gangguan.

5. Daylight Signaling Lamp

Lampu ini digunakan untuk pemberian isyarat morse pada siang hari, lampu ini juga disebut lampu Aldist.

Kesalahan yang dapat dilakukan oleh operator terhadap peralatan ini adalah menganggap bahwa pelayaran pada siang hari aman dan lupa untuk menyalakan lampu ini.

6. Lampu Navigasi

Setiap kapal harus dilengkapi dengan sistem untuk memperlancar operasi di laut. Salah satu regulasi yang mengatur ini adalah COLREGS. Regulasi ini mengatur pemasangan dan standar peralatan termasuk lampu navigasi di kapal untuk mencegah terjadinya tubrukan antara dua kapal atau lebih. Kesalahan yang mungkin terjadi adalah kesalahan pengamatan oleh nahkoda untuk menentukan posisi kapal lain. Sehingga timbul kerancuan dalam menerjemahkan warna dari lampu, apakah terlihat dari sisi *port* atau *starboard*.

7. Horn

Horn atau lebih dikenal dengan klakson adalah salah satu sinyal suara yang tiap bunyinya memiliki arti yang berbeda. Sekali berbunyi artinya tugas berpindah ke sisi *starboard*, dua kali berbunyi artinya tugas berpindah ke sisi *port*, tiga kali berbunyi artinya mengoperasikan propulsi kapal, berbunyi lima kali atau lebih artinya sinyal tanda bahaya. Jadi kesigapan dari setiap kru untuk mengartikan *horn* berbunyi berapa kali akan menentukan keselamatan pelayaran.

4.4.1.4. Sistem Manajemen Perusahaan

Sistem manajemen perusahaan meliputi juga:

1. Jadwal

Jadwal berlayar dari nahkoda yang telah ditentukan atau diatur oleh pihak perusahaan pelayaran (operator) harus berdasarkan ketentuan atau aturan yang ada.

2. Gaji

Gaji merupakan salah satu masalah bagi nahkoda karena dengan alasan bahwa pihak perusahaan pelayaran banyak mengeluarkan biaya-biaya produksi dan mengurangi anggaran untuk gaji.

3. Penghargaan

Merupakan sesuatu yang harus diberikan kepada awak kapal terutama nahkoda apabila telah melaksanakan pekerjaan yang ditugaskan dengan baik.

4.4.1.5. Lingkungan

Lingkungan dapat diartikan sebagai area tempat nahkoda bekerja yang berhubungan dengan alam atau dapat juga diartikan sebagai budaya kerja nahkoda yang secara tidak langsung akan berpengaruh pada tingkat keselamatan pelayaran.

4.4.1.6. Komunikasi

Komunikasi antar awak kapal terutama nahkoda dengan muallim dan juga komunikasi antar kapal merupakan salah satu hal yang penting dalam kelancaran, keamanan, dan keselamatan pelayaran, dimana kecelakaan kapal yang sering terjadi juga akibat dari kurangnya komunikasi.

4.4.2. Klasifikasi SHELL Model

sebelum melakukan analisis menggunakan SHELL Model, tentunya perlu juga untuk melakukan klasifikasi permasalahan. Manakah yang termasuk permasalahan yang berkaitan dengan *software*, *hardware*, *environment*, dan juga *liveware*. Semua unsur tersebut kemudian dipadukan dengan unsur manusia yang dijadikan obyek untuk dianalisis.

- *Software* berupa aturan, prosedur, dokumen tertulis, dan lainnya yang merupakan bagian dari prosedur operasi standar.

- *Hardware* berupa peralatan navigasi, peralatan komunikasi, konfigurasi, kontrol dan permukaan, *displays*, dan sistem fungsional.
- *Environment* berupa situasi di mana sistem L-H-S harus berfungsi, iklim sosial dan ekonomi, serta lingkungan alam.
- *Liveware* berupa manusia, *controller* satu dengan *controller* lain, kru, insinyur dan personil pemeliharaan, bagian manajemen dan personalia.

Sedangkan bagaimana hubungan antara unsur *liveware* dengan unsur lainnya dapat dilihat di tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hubungan Unsur *Liveware* dengan Semua Unsur

No.	Hubungan Unsur	Penjelasan
1.	Liveware-Software	Operasi yang efektif antara <i>liveware</i> dan <i>software</i> penting untuk memastikan bahwa perangkat lunak, terutama jika itu menyangkut aturan dan prosedur, mampu dilakukan atau diimplementasikan.
2.	Liveware-Hardware	Hubungan antar dua komponen ini adalah salah satu yang paling sering dipertimbangkan ketika berbicara mengenai hubungan antara manusia dengan mesin dalam suatu sistem. Seperti bagaimana tingkat kenyamanan penggunaan peralatan navigasi dan komunikasi.
3.	Liveware-Environment	Hubungan antara <i>liveware-environment</i> mengacu pada hubungan yang mungkin tidak

	dapat dikontrol secara langsung oleh manusia. Seperti kejadian alam yang berupa suhu, cuaca, dll ketika suatu sistem beroperasi. Dan juga dapat diartikan sebagai lingkungan atau budaya kerja di perusahaan tempat mereka bekerja.
4. Liveware-Liveware	Perpotongan komponen antar <i>liveware</i> atau hubungan antar manusia yang akan mempengaruhi sistem. Yang perlu diperhatikan dalam sistem ini adalah dalam hal kepemimpinan, kerjasama, kerja tim, dan juga interaksi antar personal.

4.4.3. Pendekatan SHELL Model dalam Analisis Human Error

Seperti yang telah dijelaskan pada tahapan pembuatan quisioner dan perhitungan dengan menggunakan *expert choice* bahwa ada enam subkriteria yang mempengaruhi faktor atau kriteria *human error*. Subkriteria tersebut adalah:

1. Kemampuan dan Pengalaman
2. Jam Kerja
3. Penempatan Posisi
4. Kemampuan Adaptasi
5. Kesesuaian dengan SOP
6. Kondisi Psikis

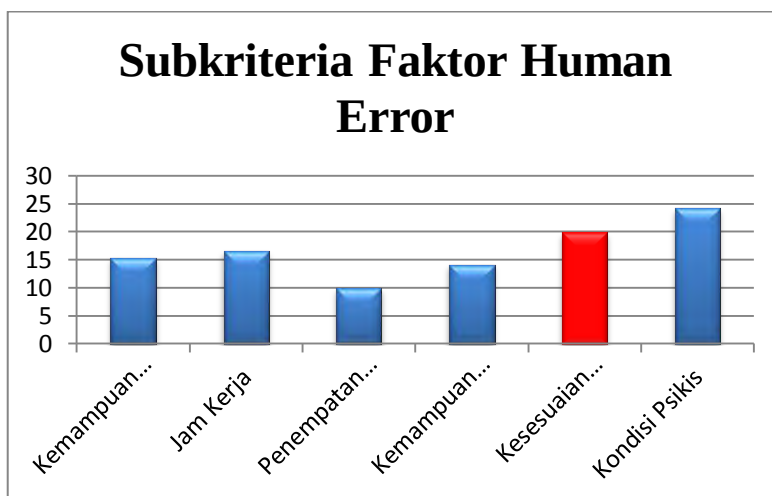
Dari keenam subkriteria tersebut harus diklasifikasikan ke dalam SHELL Model, subkriteria mana saja yang mewakili hubungan-hubungan yang terdapat dalam SHELL Model. Yaitu hubungan antara *liveware-software*, *liveware-hardware*, *liveware-environment*, dan *liveware-liveware*.

4.4.3.1. Liveware-Software

Seperti yang telah diketahui, hubungan *liveware-software* adalah Operasi yang efektif antara *liveware* dan *software* penting untuk memastikan bahwa perangkat lunak, terutama jika itu menyangkut aturan dan prosedur, mampu dilakukan atau diimplementasikan. Jadi dalam hal ini hubungan antara manusia dengan berbagai macam prosedur dan sistem manajemen perusahaan sangat erat. Dalam subkriteria yang mempengaruhi faktor atau kriteria *human error*, ada dua subkriteria yang dapat dikategorikan ke dalam hubungan *liveware-software*. Yang pertama adalah kesesuaian dengan SOP.

Seperti yang dapat dilihat dalam tabel 4.8 bahwa kesesuaian dengan SOP (batang merah) memiliki bobot relatif sebesar 0.199 atau 19.9%. Bobot relatif ini merupakan bobot relatif terbesar kedua dalam hal subkriteria yang mempengaruhi faktor *human error*. Maka dari itu perlu diperhatikan agar seluruh awak kapal terutama para nahkoda dapat mematuhi seluruh aturan dan prosedur standar operasi, terutama dalam pengoperasian peralatan navigasi dan komunikasi sehingga dalam berlayar tidak terjadi atau paling tidak meminimalkan kesalahan yang dapat mengakibatkan kecelakaan.

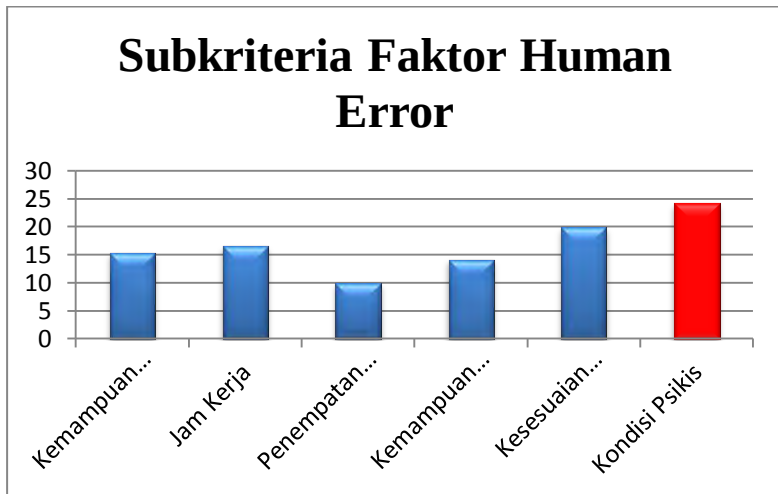
Tabel 4.8 Bobot Relatif Subkriteria Kesesuaian dengan SOP



Subkriteria kedua yang termasuk dalam hubungan *liveware-software* adalah kondisi psikis. Kondisi psikis berkaitan erat dengan sistem manajemen perusahaan. Sistem manajemen dalam pengaruhnya adalah dalam hal kinerja awak kapal atau nahkoda dilihat dari pengaruh jadwal berlayar, lama waktu istirahat yang disediakan, gaji yang diberikan, kebijakan efisiensi perusahaan, jenjang karir, dan pemberian penghargaan terhadap kemampuan awak kapal atau nahkoda yang dapat melaksanakan tugas dengan baik dan sesuai prosedur yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Seperti yang terlihat pada tabel 4.9 bahwa kondisi psikis adalah subkriteria yang paling mempengaruhi dalam faktor atau kriteria *human error*. Terbukti dari hasil perhitungan melalui perangkat lunak *expert choice* subkriteria kondisi psikis memiliki bobot relative sebesar 0.242 atau 24.2%. Hal ini perlu menjadi perhatian karena gangguan terhadap kondisi psikis pada awak kapal atau nahkoda dapat berpengaruh langsung dalam hal keselamatan dalam pelayaran.

Tabel 4.9 Bobot Relatif Subkriteria Kondisi Psikis

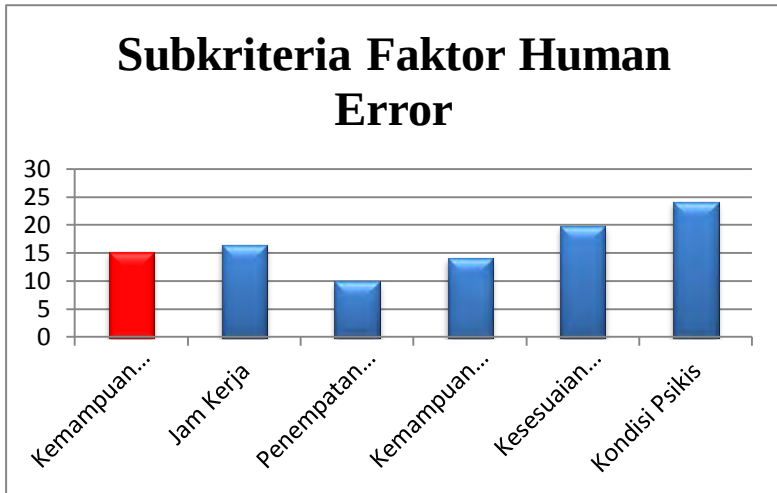


4.4.3.2. Liveware-Hardware

Hubungan antar dua komponen ini adalah salah satu yang paling sering dipertimbangkan ketika berbicara mengenai hubungan antara manusia dengan mesin atau perangkat keras lainnya dalam suatu sistem. Dalam subkriteria yang mempengaruhi faktor atau kriteria *human error*, ada dua subkriteria yang dapat dikategorikan ke dalam hubungan *liveware-hardware*. Subkriteria yang pertama adalah kemampuan dan pengalaman. Kemampuan dan pengalaman yang dimaksud adalah bagaimana nahkoda atau awak kapal lain mengoperasikan peralatan navigasi dan komunikasi. Kemampuan dan pengalaman dalam mengoperasikan peralatan navigasi dan komunikasi sangat mempengaruhi tingkat keselamatan kapal dalam berlayar.

Seperti yang dapat dilihat dalam tabel 4.10 bahwa kemampuan dan pengalaman memiliki bobot relatif sebesar 0.153 atau 15.3%. Mungkin nantinya perlu dipertimbangkan agar perusahaan pelayaran mengangkat kadet yang benar-benar berkompeten.

Tabel 4.10 Bobot Relatif Subkriteria Kemampuan dan Pengalaman

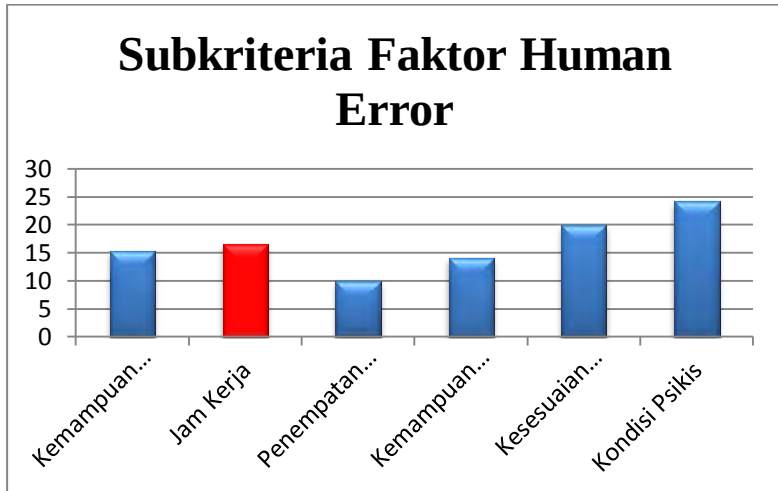


Subkriteria kedua yang termasuk dalam hubungan *liveware-hardware* adalah jam kerja. Jam kerja akan sangat mempengaruhi kondisi fisik dari awak kapal dan juga nahkoda. Jika secara terus-menerus bekerja melebihi jam kerja di luar yang telah ditentukan oleh peraturan, maka tingkat *fatigue* seorang nahkoda atau awak kapal lain akan cenderung cepat terjadi. Jika sudah terjadi, tentunya akan berpengaruh dalam pengoperasian peralatan navigasi dan komunikasi sehingga membahayakan keselamatan pelayaran. Seperti pada tabel 4.11 subkriteria jam kerja memiliki bobot relatif sebesar 0.165 atau 16.5%.

Untuk menanggulangi terjadinya kecelakaan dalam pelayaran yang diakibatkan oleh menurunnya kondisi fisik akibat jam kerja, dapat mempertimbangkan kembali apakah jam kerja yang telah ada selama ini telah sesuai dengan kondisi fisik dari nahkoda. Dan juga dapat dilakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala agar kondisi fisik dari nahkoda memang telah siap untuk berlayar

dan dapat melaksanakan tugas sesuai dengan prosedur standar operasional perusahaan.

Tabel 4.11 Bobot Relatif Subkriteria Jam Kerja

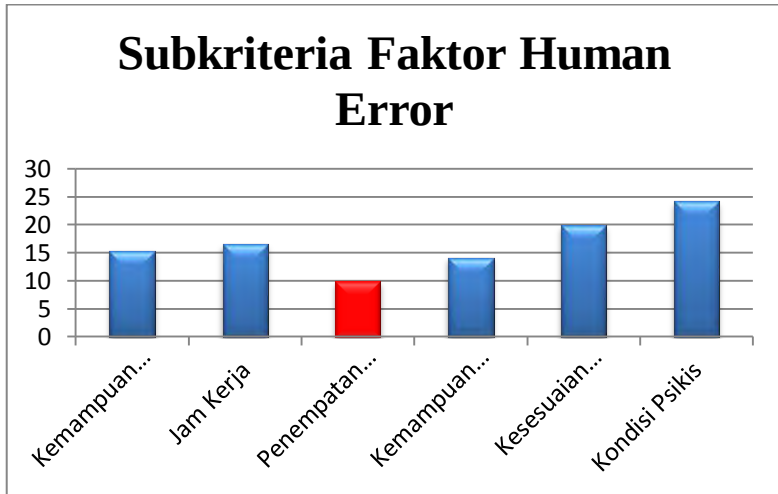


4.4.3.3. Liveware-Environment

Hubungan antara *liveware-environment* mengacu pada hubungan yang mungkin tidak dapat dikontrol secara langsung oleh manusia. Seperti cuaca, arus, gelombang, dan angin. Tapi yang dimaksudkan pada hubungan ini adalah lebih kepada hubungan antar manusia dengan lingkungan kerjanya.

Subkriteria yang termasuk dalam hubungan ini adalah penempatan posisi. Penempatan posisi memiliki bobot relatif sebesar 0.100 atau 10% seperti pada tabel 4.12. Di mana posisi dalam pekerjaan yang tidak cocok dengan disiplin ilmu yang dimiliki oleh awak kapal akan mengakibatkan kurang maksimalnya setiap tugas dan tanggung jawab yang telah diberikan oleh perusahaan pelayaran.

Tabel 4.12 Bobot Relatif Subkriteria Penempatan Posisi

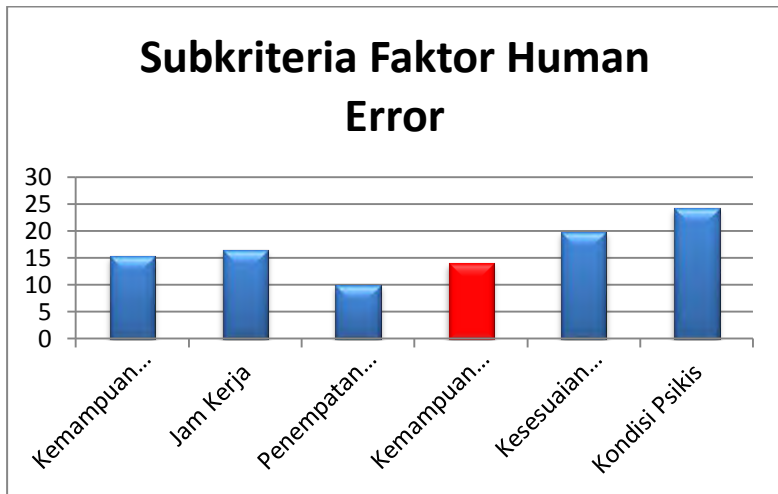


4.4.3.4. Liveware-Liveware

Hubungan yang terakhir dalam SHELL Model adalah hubungan antara *liveware-liveware* atau dengan kata lain adalah hubungan antara nahkoda dengan awak kapal yang lain. Yang perlu diperhatikan dalam sistem ini adalah dalam hal kepemimpinan, kerjasama, kerja tim, dan juga interaksi antar personal. Jika hal-hal ini luput dari perhatian akan sangat mungkin keselamatan pelayaran akan terganggu.

Subkriteria yang termasuk dalam hubungan ini adalah kemampuan adaptasi. Besarnya bobot relatif pada subkriteria kemampuan adaptasi sebesar 0.141 atau 14.1% seperti yang dapat dilihat dalam tabel 4.13.

Tabel 4.13 Bobot Relatif Subkriteria Kemampuan Adaptasi



Jika seorang nahkoda tidak dapat beradaptasi dengan awak lain seperti dengan mualim dan markonis dapat menyebabkan terganggunya proses pengoperasian peralatan navigasi dan komunikasi dalam pelayaran. Maka dari itu poin penting pada kasus ini adalah komunikasi. Faktor komunikasi lain dalam pengaruhnya terhadap kinerja nahkoda antara lain dilihat dari komunikasi nahkoda terhadap nahkoda kapal lain, komunikasi nahkoda dengan manajemen perusahaan, dan komunikasi nahkoda dengan keluarga.

Setelah mengetahui semua nilai bahaya dari masing-masing subkriteria pada faktor *human error* dan apa saja yang menjadi penyebabnya, maka diharapkan dapat membantu mengurangi tingkat kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi.

LAMPIRAN

Quisioner AHP

PENGANTAR

Pada kesempatan ini, saya akan memperkenalkan diri saya. Nama saya adalah **Mohammad Vath Allam**, mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS, Surabaya. Saya akan memperkenalkan juga dosen pembimbing dalam penelitian ini dan yang juga merupakan staf pengajar di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS, Surabaya:

1. **Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.**
2. **Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T, M.T.**

Sebelumnya saya mengucapkan banyak terimakasih atas partisipasi anda dalam proses pengisian quisioner ini yang berhubungan dengan human error terhadap peralatan komunikasi dan navigasi pada kapal. Dalam hal ini quisioner digunakan untuk peninjauan ulang penentuan bahaya pada kapal pada tujuan kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi dengan metode AHP (Analytic Hierarchy Process) yang nantinya akan memberikan kontribusi positif dalam hal mengetahui faktor yang mempengaruhi human error pada peralatan navigasi dan komunikasi pada kapal. Berikut kami sampaikan hal-hal yang berhubungan mengenai quisioner kami:

1. Informasi yang diperoleh dari quisioner ini murni digunakan untuk menunjang pelaksanaan penelitian tugas akhir dan tidak digunakan untuk hal lain.
2. Respon dalam quisioner ini adalah murni untuk mencapai hasil secara ilmiah.

Jika anda menyetujui tentang berita tersebut mohon kiranya berkenan untuk mengisi data sebagai berikut:

Nama :
 JenisKelamin :
 Pekerjaan :
 Instasi :
 TanggalPengisian :

Nama & Tanda Tangan

()

1. Petunjuk Pengisian Quisioner

Istilah quisioner dengan mengacu pada penentuan tingkat bahaya pada kapal di Selat Bali. Skala perbandingan yang dapat digunakan sebagai petunjuk pengisian adalah sebagai berikut:

Intensitas kepentingan	Definisi	Pengjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap nyawa
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen lain	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan dengan elemen yang lain
5	Lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan dengan elemen yang lain
7	Elemen yang satu sangat lebih penting dari pada elemen lain	Satu elemen yang kuat didasari dari jaminan terlintas dalam praktik
9	Elemen yang satu sangat lebih penting dari pada elemen lain	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen yang lain memiliki tingkat pengisian tertinggi yang mungkin menggunakan
2,4,6,8	Nilai-nilai diantara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi di antara dua pilihan

Contoh :

Perbandingan antara dua buah kriteria berikut, seberapa pentingkah:

Kriteria A	Skala Prioritas																	Kriteria B
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kondisi Peralatan															√			Area Pelayaran

Jika anda memilih angka 7 di kanan, berarti **Area Pelayaran** sangat lebih penting dari **Kondisi Peralatan**

Kriteria A	Skala Prioritas																	Kriteria B
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kondisi Peralatan					√													Area Pelayaran

Jika anda memilih angka 5 di kiri, berarti **Kondisi Peralatan** lebih penting dari **Area Pelayaran**

Quisoner Mengenai Kecelakaan Kapal Akibat Peralatan Navigasi dan Komunikasi

1. Pada tingkat *Kecelakaan Kapal Akibat Peralatan Navigasi dan Komunikasi* terdapat beberapa kriteria yang mempengaruhi. Manakah yang lebih penting atau sama penting? Mohon beri tanda "✓" (centang) dalam menentukan jawaban sesuai skala yang tersedia dari 1-9.

[illegible][illegible][illegible][illegible]

3. Pada tingkat Kecelakaan Kapal Akibat Peralatan Navigasi dan Komunikasi karena Kondisi Kapal terdapat beberapa kriteria yang mempengaruhi. Manakah yang lebih penting atau sama penting? Mohon beri tanda "✓" (centang) dalam menentukan jawaban sesuai skala yang tersedia dari 1-9.

[illegible][illegible][illegible]

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Gresik pada tanggal 5 Januari 1991. Penulis adalah putra ke dua dari tiga bersaudara dari pasangan bapak dan ibu M. Mansyur dengan Subyarwati. Sejarah pendidikan penulis dimulai dari SD Muhammadiyah 1 Gresik. Kemudian melanjutkan sekolah menengah pertama di SMPN 1 Gresik. Melanjutkan mekolah menengah atas di SMAN 1 Gresik, dan setelah lulus menimba ilmu di salah satu institusi pendidikan terbaik di Indonesia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, tepatnya di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Penulis masuk melalui jalur PMDK pada tahun 2009. Sebagai seorang mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan, seperti menjadi staf departemen PSDM HIMASISKAL pada periode 2010-2011 dan staf departemen Minat dan Bakat HIMASISKAL pada periode 2011-2012. Selain itu penulis juga menjadi anggota laboratorium MEAS (Marine Electrical & Automation System) dan menjadi grader untuk mata kuliah desain 4. Penulis sadar bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga segala kritik dan saran mengenai tugas akhir ini dapat disampaikan melalui allamvath@gmail.com.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Setelah semua proses dalam pengerjaan tugas akhir ini telah selesai dilakukan dan hasil olahan data telah didapat, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode AHP, kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi dipengaruhi oleh lima faktor, yaitu *human error*, kondisi kapal, *power supply*, kondisi peralatan, dan lingkungan.
2. Faktor yang paling berpengaruh terhadap kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi adalah faktor lingkungan dengan bobot relatif sebesar 0.381 atau 38.1%

Tujuan	Bobot	Nilai Fungsi
Kecelakaan Kapal akibat Peralatan Navigasi dan Komunikasi	1	1000
Faktor		
1. Human Error	0.195	1000
2. Kondisi Kapal	0.163	1000
3. Power Supply	0.128	1000
4. Kondisi Peralatan	0.133	1000
5. Lingkungan	0.381	1000

3. Dari analisis *human error* dengan pendekatan SHELL Model, terdapat dua subkriteria yang termasuk ke dalam

hubungan *liveware-software*. Yang pertama adalah kesesuaian dengan SOP dengan bobot relatif 0.199 atau 19.9% dan yang kedua adalah kondisi psikis dengan bobot relatif 0.242 atau 24.2%.

4. Terdapat dua subkriteria yang termasuk ke dalam hubungan *liveware-hardware*. Yang pertama adalah kemampuan dan pengalaman yang mempunyai bobot relatif sebesar 0.153 atau sebesar 15.3% dan yang kedua adalah jam kerja dengan bobot relatif 0.165 atau 16.5%.
5. Terdapat satu subkriteria yang termasuk ke dalam hubungan *liveware-environment*. Subkriteria tersebut adalah penempatan posisi dengan bobot relatif 0.100 atau 10%.
6. Terdapat satu subkriteria yang termasuk ke dalam hubungan *liveware-liveware*. Subkriteria tersebut adalah kemampuan adaptasi dengan bobot relatif sebesar 0.141 atau 14.1%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diambil setelah melakukan tugas akhir mengenai analisis *human error* terhadap peralatan navigasi dan komunikasi pada kapal adalah:

1. Perlu dikembangkan lebih spesifik lagi mengenai subkriteria yang dapat mempengaruhi faktor *human error*.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai permasalahan kecelakaan kapal akibat peralatan navigasi dan komunikasi sehingga nantinya dapat diperoleh data dinamis yang valid. Faktor *human error* harus diutamakan karena faktor *human error* merupakan kunci dari permasalahan kecelakaan yang terdapat di Indonesia.

3. Perlu dilakukan analisis tambahan yang dapat menurunkan peluang dari laju atau tingkat kecelakaan kapal akibat *human error*.

5.3 Rekomendasi

Setelah melakukan analisis human error dengan metode AHP dan SHELL Model, maka rekomendasi yang dapat diambil adalah:

1. Selalu menyiapkan peralatan navigasi dan komunikasi karena lingkungan di mana data tugas akhir ini diambil (Selat Bali) memiliki karakteristik arus dalam yang kuat dan ombak yang cukup tinggi.
2. Dalam analisis *human error* dengan pendekatan SHELL Model, dapat dilakukan peninjauan ulang mengenai hal-hal berikut:
 - Pada hubungan *liveware-software* dapat meninjau kembali agar para nahkoda dapat mematuhi seluruh peraturan dan prosedur standar operasi. Dan meninjau kembali masalah lama waktu istirahat yang disediakan, gaji yang diberikan, kebijakan efisiensi perusahaan, jenjang karir, dan pemberian penghargaan yang dapat meningkatkan kinerja awak kapal.
 - Dalam hubungan *liveware-hardware* dapat meninjau lagi, pengecekan kondisi peralatan, pengecekan tata letak peralatan, pengelompokan peralatan berdasarkan fungsi, dan melakukan pemeriksaan terhadap nahkoda secara rutin.
 - Pada hubungan *liveware-environment* dapat dilakukan peninjauan ulang terhadap penempatan posisi yang diberikan terhadap semua awak kapal.
 - Pada hubungan *liveware-liveware* dapat dilakukan peninjauan dalam masalah komunikasi nahkoda terhadap nahkoda kapal lain, komunikasi nahkoda dengan manajemen perusahaan, dan komunikasi nahkoda dengan keluarga.

3. Mengaplikasikan *Ergonomic Desain Of Navigation Bridges* dan melakukan analisis *Ergonomics for marine application* akan dapat membantu suatu perusahaan pelayaran dalam menentukan desain ruang navigasi yang aman, nyaman dan efisien sehingga tingkat human error akan dapat berkurang dengan sendirinya.