

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Dasar Hukum

Dasar Hukum yang digunakan selama pembuatan kapal penyelamat kecelakaan bawah air adalah sebagai berikut :

2.1.1 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2014

Bab II pasal 4 :

Penyelenggaraan Pencarian dan Pertolongan bertujuan:

1. Melakukan pencarian dan pertolongan, penyelamatan dan evakuasi korban secara tepat waktu, akurat, aman, terpadu dan terkoordinasi.
2. Mencegah dan mengurangi kematian akibat kecelakaan;
3. Menjamin penyelenggaraan Pencarian dan Pertolongan yang terencana, terpadu, terkoordinasi, dan komperhensif;
4. Mewujudkan sumber daya manusia Pencarian dan Pertolongan yang kompeten dan profesional

2.1.2 *Maritime Labour Convention (MLC) 2006*

Pedoman B4.1.4 Bantuan Medis dan Kerjasama internasional untuk kapal lain :

1. Bantuan medis dan maritim segera dalam kasus penyakit serius atau cedera di atas kapal dengan cara seperti pengembangan dan koordinasi operasi pencarian dan penyelamatan (SAR), dan sistem pelaporan lokasi kapal reguler, pusat koordinasi penyelamatan, dan layanan helikopter darurat Persiapan evakuasi Patuhi ketentuan hukum Konvensi Pencarian dan Penyelamatan Maritim Internasional yang direvisi pada tahun 1979 dan International Aeronautical and Maritime Search and Rescue (IAMSAR) Manual;
2. Memanfaatkan sebaik-baiknya kapal yang ditempatkan di kapal stasioner maritim yang dapat membawa dokter dan menyediakan rumah sakit dan fasilitas penyelamatan.

3. pengumpulan dan perawatan pengumpulan daftar dokter dan fasilitas perawatan medis internasional yang tersedia di seluruh dunia untuk memberikan perawatan medis darurat kepada para pelaut;
4. pendaratan awak kapal di pelabuhan untuk perawatan darurat;
5. Pemulangan awak kapal yang dirawat di rumah sakit asing, dengan mempertimbangkan keinginan dan kebutuhan awak kapal dan berdasarkan nasihat medis dari dokter yang merawat.
6. Organisasi perawatan pribadi untuk anggota kru yang kembali, dengan mempertimbangkan keinginan dan kebutuhan kru, berdasarkan saran medis dari dokter yang merawat.
7. pengupayaan penetapan pusat - pusat kesehatan bagi awak kapal untuk:
 - a. Melakukan survei tentang kesehatan kru, perawatan medis, dan perawatan pencegahan
 - b. Melatih tenaga medis dan medis maritim.
8. Pengumpulan dan analisis cedera kerja awak, statistik penyakit dan kematian akibat kerja, dan integrasi dan penyelarasan dengan statistik nasional yang ada tentang cedera kerja, penyakit akibat kerja dan kematian untuk kategori pekerja lainnya.
9. Informasi teknis, materi pelatihan, organisasi pertukaran personel internasional, serta kursus pelatihan, seminar, kelompok kerja internasional
10. Memberikan pelayanan kesehatan dan perawatan dan pencegahan khusus kepada awak pelabuhan, atau memberikan pelayanan kesehatan umum, medis dan rehabilitasi. Dan
11. Menata pemulangan kembali mayat atau sisa tubuh, jenazah atau jika diinginkan sanak keluarga, dikembalikan kekeluarga secepatnya.

2.1.3 *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue*

Section 1 Under Water Search and Rescue :

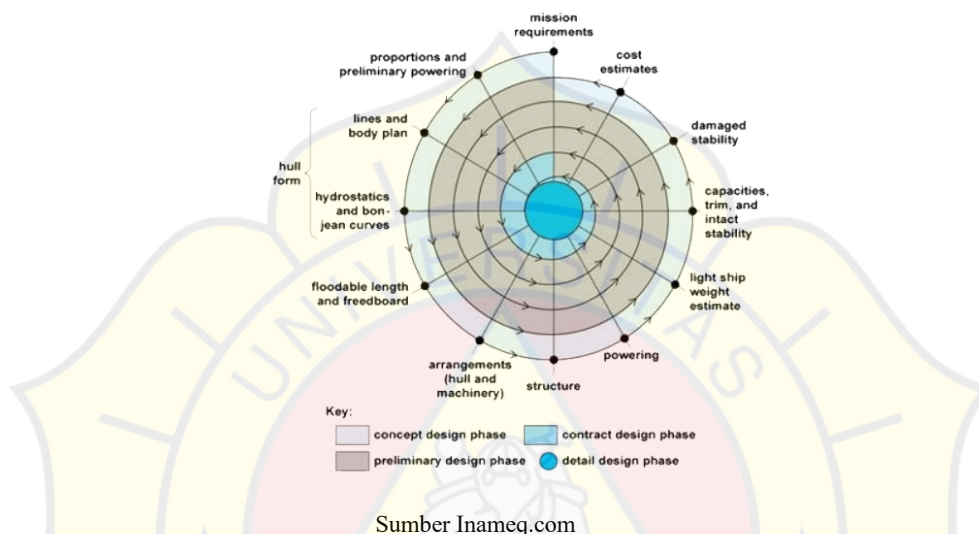
1. Jika fasilitas bergerak diduga mengalami kecelakaan bawah air, setiap upaya harus dilakukan untuk menghubungi pusat koordinasi penyelamatan terdekat. Jika terjadi kecelakaan, para penyintas dapat terjebak di permukaan air atau di kapal selam yang bersandar di dasar laut. Secara umum, persyaratan medis bagi penyintas kecelakaan bawah air atau kapal selam adalah profesional dan kompeten secara medis.
2. Kapal bertabrakan dengan kapal selam . Tabrakan dengan kapal lain harus mempertimbangkan kebutuhan untuk memberikan bantuan pencarian dan penyelamatan. Untuk informasi lebih lanjut tentang SAR bawah laut dan kegiatan paralelnya, penyelamatan dan penyelamatan bawah laut, silakan kunjungi situs web Kantor Penghubung Penyelamatan Pelarian Kapal Selam Internasional

2.2 Proses Desain

Klasifikasi desain menunjukkan berbagai jenis variasi desain yang dapat dibedakan berdasarkan apakah ada suatu penemuan atau inovasi yang diterapkan selama proses desain (Beitz, 1998) desain dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

1. Desain asli, yaitu prinsip pemecahan masalah desain asli dan pembentukan produk baru.
2. Desain adaptif, yaitu desain yang melibatkan proses mengadaptasi produk desain yang ada ke produk baru dengan menggunakan prinsip-prinsip solusi yang inovatif dan bagian-bagian produk yang ada.
3. Desain varian. Jenis desain inovatif yang menggunakan prinsip pemecahan produk lama untuk mengubah ukuran atau memposisikan kembali aspek-aspek tertentu dari desain produk yang ada untuk membentuk produk baru

proses desain adalah proses berulang untuk mencapai hasil desain yang diinginkan dengan mengevaluasi setiap desain. Dari persyaratan pemilik hingga membuat detail desain dan manufaktur. Spiral design adalah teknik desain dalam desain kapal, dimana semua variabel saling terkait dan digunakan untuk membuat konsep desain yang efektif dan efisien. (Taggart, 1980)



Gambar 2. 1 *Spiral Design*

2.2.1 *Conceptual Design*

Desain konseptual atau konsep desain adalah langkah pertama setelah persyaratan pemilik. Dalam mendesain sebuah kapal diperlukan konsep desain yang matang untuk mencapai hasil yang efektif dan efisien (Andrianto, 2013).

2.2.2 *Preliminary Design*

Desain awal, karakteristik kapal yang dirancang pada tahap ini mulai terlihat. Fase ini menggabungkan data desain awal dengan kebutuhan kapal

2.2.3 *Contract Design*

Konsep kontrak. Pada tahap ini draft yang dihasilkan lebih detail dari pada tahap draft awal. Contohnya adalah desain detail dari Rencana Umum (Andrianto, 2013)..

2.2.4 Detail Design

Pada tahap ini, desain awal berkembang menjadi set akhir. Meliputi desain, pemilihan dan penempatan semua komponen dan sistem yang terpasang (Andrianto,2013).

2.3 Kecelakaan

Kecelakaan merupakan suatu kejadian yang tidak diharapkan dan tidak diinginkan yang mengganggu proses kegiatan yang diatur . (Sulaksmo,2017).

Kecelakaan menurut Undang-Undang Pencarian dan Pertolongan Nomor 29 Republik Indonesia Tahun 2014 adalah kecelakaan yang dapat terjadi pada pesawat udara, kapal laut, kereta api, mobil, dan alat transportasi lainnya yang membahayakan atau mengancam keselamatan manusia.

2.3.1 Kecelakaan Pesawat

Kecelakaan pesawat sering terjadi di Indonesia dan memakan banyak korban jiwa. Kecelakaan pesawat dapat disebabkan oleh banyak faktor, antara lain pesawat itu sendiri, faktor human error, faktor cuaca, bahkan tidak berfungsinya fasilitas bandara (Pakan,2014),. Berikut adalah beberapa kecelakaan pesawat yang terjadi di laut Indonesia adalah :

1. AirAsia Penerbangan 8501 adalah pesawat Airbus A320 yang dinyatakan hilang kontak di sekitar Laut Jawa dekat Selat Karimata pada saat terbang dari Surabaya,Indonesia menuju Singapura pada tanggal 28 Desember 2014, yang menewaskan total 162 orang.



Sumber Flighradar24

Gambar 2. 2 Peta Jatuhnya pesawat AirAsia 8501

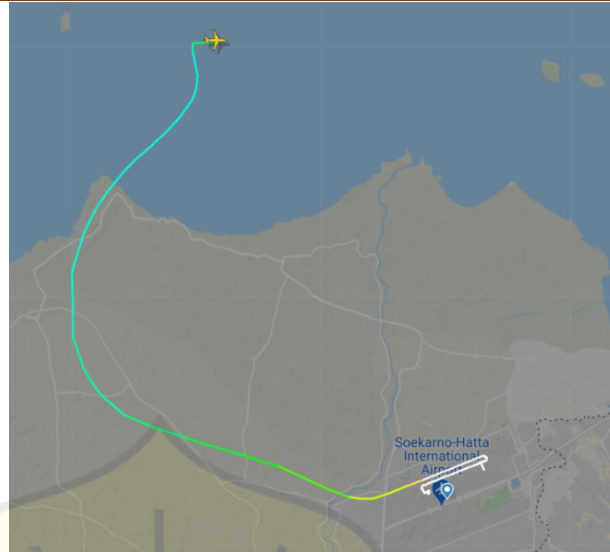
2. Lion Air Penerbangan 610 adalah penerbangan dari Jakarta menuju Pangkal Pinang yang hilang kontak pada 29 Oktober 2018. Pihak SAR menyatakan pesawat itu jatuh di Tanjung Pakis, Karawang yang menewaskan total 189 orang.



Sumber Flighradar24

Gambar 2. 3 Peta Jatuhnya pesawat Lion Air 610

3. Sriwijaya Air penerbangan 182 adalah penerbangan dari Jakarta menuju Pontianak yang dinyatakan jatuh pada tanggal 9 Januari 2021 yang menewaskan total 62 orang.



Sumber Flighradar24

Gambar 2. 4 Peta Jatuhnya pesawat Sriwijaya Air 182

2.3.2 Kecelakaan Kapal Selam

Kecelakaan kapal selam di Indonesia adalah kapal selam KRI Nanggala 402 yang baru terjadi pada 21 April 2021 di selat Bali. Faktor terjadinya kecelakaan kapal selam KRI Nanggala 402 menurut Asisten Perencanaan dan Anggaran Kepala Staf Angkatan Laut (Asrena KSAL), Laksda Muhammad Ali, dalam siaran pers “terjadi karena faktor alam, Faktor alam ini juga ada yang dinamakan internal solitary wave, yang berdasarkan informasi dari beberapa pakar dan ahli oseanografi, itu ada arus bawah laut yang cukup kuat yang bisa menarik secara vertikal. Jadi jatuhnya kapal ke bawah lebih cepat dari umumnya dan ini yang harus diwaspadai” . Kapal selam KRI Nanggala 402 menewaskan total 53 orang.

2.4. Kapal Penyelamat

Kapal penyelamat adalah kapal yang digunakan untuk mencari dan membantu awak kapal dan penumpang serta untuk melakukan proses pemberian bantuan di atas kapal.

Badan Pencarian dan Pertolongan Nasional (BASARNAS) sebagai instansi yang bertanggung jawab untuk melakukan operasi pencarian dan penyelamatan perlu melengkapi fasilitas pendukung yang dapat

mendukung kegiatan kapal selama operasi pencarian dan penyelamatan. Oleh karena itu, penelitian ini mengacu pada standar yang digunakan oleh BASAR NAS.

2.5. *Deep Submergence Rescue Vessel (DSRV)*

Deep Submergence Rescue Vessel (DSRV) adalah alat yang melakukan pengangkutan awak korban kecelakaan kapal selam dan bisa beroperasi hingga kedalaman 500 MSW, dan beroperasi 12 jam. DSRV digerakan oleh 2 awak dan dapat menampung hingga 16 awak.

Awak kapal selam dapat menggunakan beberapa cara untuk dievakuasi ketika terjadi kecelakaan. *Deep Submergence Rescue Vessel (DSRV)* adalah cara yang paling andal dan efektif dan arah opsi pengembangan utama penyelamatan kapal selam di masa depan (Yushan,2018).

DSRV yang digunakan oleh kapal penyelamat awak kapal selam milik Singapura adalah keluaran James Fisher and Sons dengan ukuran $P \times L \times T = 10,7m \times 3,2m \times 2,8m$



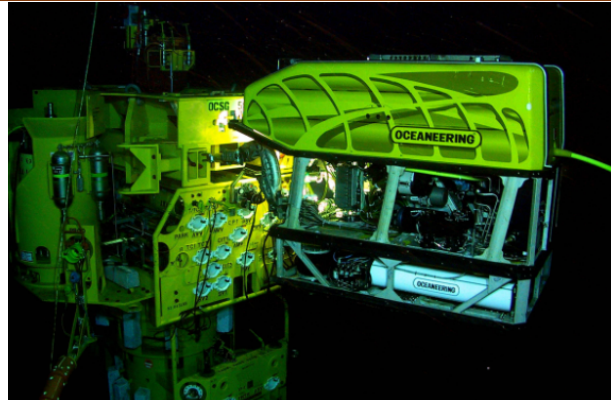
Sumber James Fisher and Sons

Gambar 2. 5 DSRV

2.6. *Remotely Operated Vehicle (ROV)*

ROV adalah kendaraan bawah air yang pergerakannya dikendalikan langsung oleh manusia dari atas permukaan air melalui remote control, biasanya di laut dalam yang dikendalikan oleh *theter* (Hujjatul,2015).

ROV juga dilengkapi dengan semacam lengan yang berguna untuk mengambil *sample* dari bahan agar dikirim ke laboratorium untuk dilakukan penelitian. ROV mampu melakukan penyelaman hingga kedalaman 500 MSW.



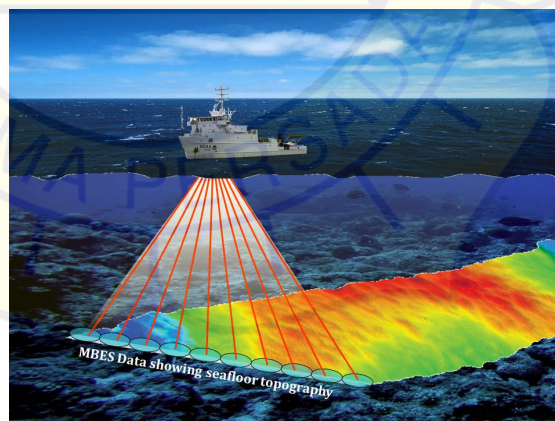
Sumber Google images

Gambar 2. 6 ROV

2.7 *Multi Beam Echo Sounder*

Multibeam Echosounder System (MBES) adalah Alat yang digunakan dalam proses *deep sounding* survei hidrografi. *Sounding* sendiri merupakan suatu proses dan kegiatan yang bertujuan agar mendapatkan gambaran (model) topografi permukaan dasar laut. Survey hidrografi adalah proses yang menjelaskan dasar lautan mulai dari pengukuran hingga pemrosesan hingga visualisasi (Vilming, 1998).

multibeam echo sounder merupakan evolusi dari *single beam echo sounder* yang sebelumnya digunakan di sana untuk mengatasi kekurangan alat tersebut.(Poerbandono & Djunarsjah, 2005)



Sumber Google Images

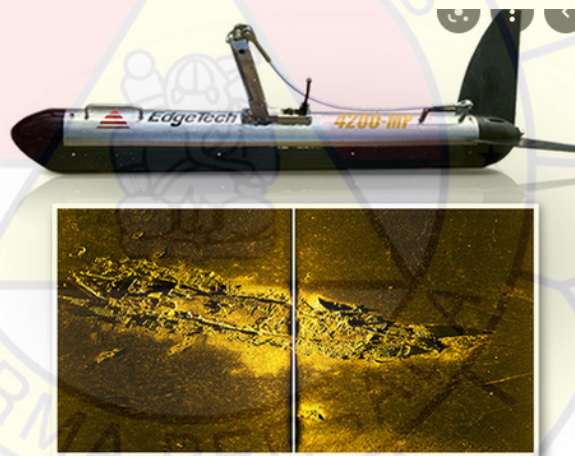
Gambar 2. 7 MBES

2.8. *Side-Scan Sonar* (SSS)

Side Scan Sonar adalah salah satu aplikasi sistem penginderaan jauh untuk pencitraan bawah air dan salah satu bentuk konkrit dari

perkembangan teknologi di bidang oseanografi. Mengingat lingkungan bawah laut yang terbatas dan aplikasi visual yang terbatas, sonar telah menjadi solusi terbaik untuk mengamati dasar laut dari lautan dan objek yang ada sejak diperkenalkan pada 1950-an. (Blondel, 2002 dalam Coiras dan Groen 2009).

Hasil pencitraan sonar pemindaian samping ditampilkan dalam format dua dimensi (2D). Namun, banyak gambar sonar pemindaian samping 2D dapat dikonversi menjadi representasi 3D selama pengembangan dengan menambahkan data kedalaman atau menggunakan teknik algoritme yang menggunakan informasi intensitas gema yang terkandung dalam densitas. Pemodelan 3D bertujuan untuk meningkatkan pengamatan di bawah air, memberikan informasi yang lebih jelas tentang benda bawah laut dan medan dasar laut, dan menciptakan rute maritim yang bebas dan aman untuk keselamatan transportasi. (Wijonarko, 2016)



Sumber Google Images

Gambar 2. 8 Side Scan Sonar

2.9. *Transfer Under Pressure*

Under Pressure Transfer (TUP) adalah metode intervensi yang digunakan dalam perendaman tak jenuh. .. Di sini, penyelam bergerak dari kedalaman kerja ke ruang dekompresi permukaan bel tertutup, mempertahankan tekanan di atas penghentian dekompresi awal.

Dengan menghilangkan dekompresi, spasi permukaan, dan rekompresi dalam air, TUP umumnya merupakan alternatif yang lebih

sehat, lebih aman, dan lebih efisien daripada teknik penyelaman udara / nitrox berorientasi permukaan tradisional.

2.10. Rancangan Kapal

2.10.1 Dimensi Kapal

Dimensi kapal utama dikumpulkan dari metode perbandingan kapal menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk menghasilkan diagram tata letak perkiraan untuk desain kapal. Metode ini memberikan dimensi utama sebagai berikut:

- LBP (Panjang Antar Garis Tegak Lurus) Panjang kapal yang diukur antara dua garis vertikal, yaitu antara garis vertikal yaitu AP dan garis FP
- LOA (panjang keseluruhan) Artinya, jarak horizontal dari ujung haluan ke ujung buritan.

Biasanya panjang kapal ditentukan dari ukuran kapal yang sama, atau rumus/teorema dan angka yang diturunkan dari database kapal yang sama.

- B (Lebar) Lebar maksimum yang diukur antara dua bagian dalam lambung kapal baja. Untuk kapal yang terbuat dari kayu atau bahan bukan logam lainnya, diukur antara dua sisi luar lambung kapal. Lebar kapal berpengaruh signifikan terhadap stabilitas dan biaya produksi/operasional.

Meningkatkan balok kapal dengan perpindahan yang sama membutuhkan tambahan drag dan tambahan tenaga mesin di kapal, yang meningkatkan bobot baja kapal. Poin-poin di atas dapat menyebabkan biaya produksi yang lebih tinggi, peningkatan stabilitas awal KM, penurunan KG, kurva stabilitas yang curam dengan gradien awal, dan jarak yang berkurang

- H (Tinggi) diukur pada bidang tengah kapal dari bagian atas lunas sampai bagian atas balok geladak di sisi kapal.

Ketinggian kapal mempengaruhi volume dan freeboard kapal, dan ketinggian kapal menentukan produksi. Menambah tinggi kapal sebesar 10% menambah baja 8% pada $L/D = 10$ dan baja 4% pada $L/D = 14$. Ketinggian kapal juga mempengaruhi kekuatan vertikal. Saat ketinggian kapal berkurang, flensa perlu diperkuat untuk mempertahankan momen inersia area, dan lambung kapal juga perlu diperkuat untuk mendukung daya dorong. Kapal dengan ketinggian rendah memiliki penyimpangan yang dapat merusak pipa, saluran, langit-langit dan komponen lainnya.

- T (*Draft*) Jarak yang diukur antara bagian atas lunas dan permukaan air.

Draf kapal seringkali dibatasi oleh kedalaman air laut. Untuk kapal dengan draft dalam, keuntungannya adalah draft berdiameter kecil dapat dipasang dengan baling-baling dangkal (Suhardjito, 2006)

2.10.2 Berat Kapal

Displacemen adalah jumlah air yang terkuras oleh penurunan permukaan kapal. Biasanya diwakili oleh ton panjang atau metrik ton..

Deadweight tonnage/DWT adalah berat muatan, bahan bakar, minyak pelumas, air tawar, pemberat, bahan makanan, penumpang dan awak kapal (ABK), atau berat total kapal dengan muatan penuh yang siap melaut (Suhardjito, 2006)

LWT/ Light Weight Ship adalah berat kapal kosong yang terdiri dari *engine, piping, dan hull*.(Suhardjito, 2006)

Gross Register tonnage (GRT) Hasil penerapan aturan dan formulir pengukuran tonase nasional dan internasional yang relevan. Informasi penting tentang ukuran wadah yang akan diukur (total tertutup). Nilai ini untuk volume tertutup semua ruang tertutup (bukan hanya ruang tunggu) di kapal, dihitung tidak termasuk ruang-ruang tertentu (tangkai

haluan/belakang, tangki pemberat, ruang kemudi, dapur, tempat umum, dll.) Sesuai. Biasanya menjadi dasar penentuan jumlah awak kapal, komposisi, penerapan aturan keselamatan, $1RT = 100 \text{ ft}^3 = 2.832 \text{ m}^3$. (Papanikolaou, 2014)

Net Register Tonnage (NRT) Didefinisikan sebagai jumlah (g), NRT adalah nilai yang dihasilkan dari penerapan aturan pengukuran yang relevan dan mewakili nilai ekonomi (penggunaan komersial) kapal. Tonase bersih dihitung dari total tonase. "Reduction" mengurangi ruang yang tidak dapat digunakan untuk angkutan barang (ruang mesin, ruang pompa/ruang mesin bantu, asrama kru, dll). Kapasitas bersih harus setidaknya 30% dari total ton. Ton kotor untuk menghitung berbagai biaya, biaya keanggotaan pelabuhan. (Papanikolaou, 2014)

2.10.3 Hambatan Kapal

hambatan kapal adalah gaya yang menahanya ketika bergerak dengan kecepatan itu. Gaya dorong yang dihasilkan oleh mesin kapal harus mengatasi hambatan ini untuk mencapai kecepatan yang diinginkan.

Publikasi terbaru menunjukkan metode statistik untuk menentukan persyaratan propulsi selama fase desain awal kapal. Metode ini dikembangkan dengan model mengacak yang tersedia di kapal penarik Belanda dan analisis regresi eksperimental dari data yang lengkap. Keakuratan metode ini dikatakan tidak cukup bila menggunakan kombinasi parameter kunci yang tidak konvensional, sehingga model prediksi numerik asli diadaptasi untuk menguji data yang diperoleh dalam kasus-kasus tertentu. Adaptasi metode ini menghasilkan persamaan prediksi yang lebih luas. Namun, perlu diingat bahwa perubahan yang diberikan bersifat hanya sementara, karena penyesuaian didasarkan pada sejumlah kecil studi. Namun, aplikasi ini ditujukan untuk bentuk lambung yang menyerupai kapal rata-rata. Hal ini dijelaskan oleh dimensi utama dan faktor bentuk yang digunakan dalam metode ini.

Metode tambahan ini berfokus pada peningkatan prediksi kinerja untuk blok koefisien dengan rasio L/B rendah, terutama kapal tipis dengan komponen lambung tambahan yang kompleks, dan bagian *transom* bawah

air.

Bagian dari penelitian ini dilakukan sebagai bagian dari program penelitian kolaboratif. Metode ini diterapkan pada kapal angkatan laut dalam studi penelitian Angkatan Laut Belanda. (Birk, 2019)

Resistansi dihitung menggunakan software Maxsurf menggunakan metode Holtrop. Drag keseluruhan kapal dapat dibagi menjadi tiga area: viscous drag (R_v), wave drag (R_w), dan drag (R_a). Perannya sering diabaikan karena nilai drag sangat kecil, terhitung sekitar 4% dari total drag.

2.10.4 Stabilitas Kapal

Stabilitas bisa diartikan sebagai kemampuan kapal penyelamat untuk kembali ke posisi semula setelah dimiringkan sesaat. Momen sementara dapat dikarenakan oleh angin, ombak, pembagian muatan, berat muatan di *deck*, di atas kapal, dll. Stabilitas tidak hanya mempengaruhi keselamatan kapal di laut, tetapi juga berhubungan langsung dengan karakteristik operasional kapal dan kenyamanan awaknya (Benjamin, 1972). Stabilitas statik (stabilitas awal) digambarkan sebagai stabilitas kapal yang diukur pada kondisi perairan ringan dengan beberapa sudut kemiringan pada berbagai nilai perpindahan dalam ton. Stabilitas dinamis adalah stabilitas kapal, yang diukur dengan memaksa kapal membentuk sudut terhadap momentum tertentu.

Menurut (Taylor, 1977), mengatakan bahwa stabilitas pada suatu kapal dipengaruhi oleh letak gaya - gaya konsentrasi gaya yang bekerja pada sebuah kapal tersebut. Ketiga poin tersebut adalah:

- 1) Titik B (*center of buoyancy*) adalah titik fiktif yang menjadi pusat semua daya apung ke permukaan.
- 2) Titik G (*center of gravity*) adalah titik fiktif yang menjadi pusat dari semua gravitasi kapal yang beroperasi secara vertikal.
- 3) Titik M (*metacenter*) adalah titik maya yang menjadi perpotongan garis maya yang melalui pusat B dan G pada saat kapal penyelamat dalam keadaan miring akibat adanya gaya yang bekerja pada kapal. Titik M adalah titik maksimum dari titik G. Oleh karena itu, posisi

titik B sangat tergantung pada bentuk lambung kapal yang terendam air.

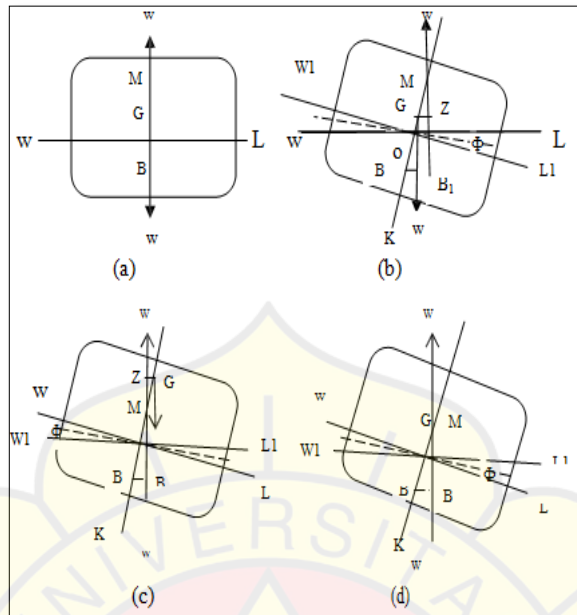
Menurut (Taylor, 1977), jika resultan gaya dari semua gaya yang bekerja pada benda adalah nol dan momen gaya resultan dari semua gaya tersebut juga nol, maka benda tersebut berada dalam keadaan setimbang. Untuk menyeimbangkan, angkat dan berat keduanya harus sama dan kedua gaya harus berada sepanjang garis lurus yang sama. Pada dasarnya ada tiga jenis keseimbangan antara lain (Derret,1991):

- 1) Keseimbangan stabil. Kapal harus dalam keseimbangan yang stabil. Artinya, jika kapal dimiringkan, kapal mampu kembali ke posisi semula. Untuk melakukan ini, pusat gravitasi harus berada di bawah *metacenter*. Nilai GM kapal adalah positif. H. G di bawah M dan lengan penegasan (GZ) di bawah *metacenter*.
- 2) Keseimbangan yang tidak stabil. Kapal tersebut dapat dinyatakan tidak stabil. Artinya, jika kapal terus dimiringkan, kapal akan terus miring. Hal ini terjadi, karena kapal memiliki nilai GM negatif. H. G di atas M lengan GZ berada di atas *metacenter*. Sebagai alternatif, ketika kapal dimiringkan oleh kekuatan eksternal, momen yang disebut momen penyembuhan dihasilkan, sehingga kapal semakin miring.
- 3) Keseimbangan netral, i. H. Jika G cocok dengan M dan kapal miring, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 kapal akan tetap pada sudut kemiringan tersebut sampai menerima gaya eksternal lain. Dalam keadaan ini, tidak ada lengan penegasan GZ yang dihasilkan. Tidak ada momen ketika kapal kembali ke posisi tegak atau terus bergerak dalam arah miring. Kemiringan konstan ini disebut daftar.

Metode Metode yang digunakan dalam perancangan ini adalah Ini adalah metode AN Krylov, yang digunakan untuk mendapatkan nilai tuas pemulihan (GZ).

Menurut (Miratno, 2000) metode AN Krylov digunakan untuk menganalisis stabilitas statis dan dinamis melalui kurva stabilitas statis (GZ). Di sini, nilai GZ diperoleh dari masing-masing dari lima variasi kondisi *load balancing*. Stabilitas statis dan dinamis kapal terlihat dan

positif dari nilai *Clutch Enforcement Arm* (GZ), jauh di atas *minimum* IMO yang direkomendasikan.



Sumber : Derret, 1991

Gambar 2. 9 Posisi Keseimbangan

Keterangan :

B:Titik pusat gaya *Buoyancy*

K:Lunas

G:Titik pusat *Gravity*

W_L : Sarat air

M:Titik pusat *metacenter*

w : Gaya yang bekerja

GZ : Lengan pengembali

Φ : Sudut oleng

(a)Posisi keseimbangan

(b)keadaan stabil

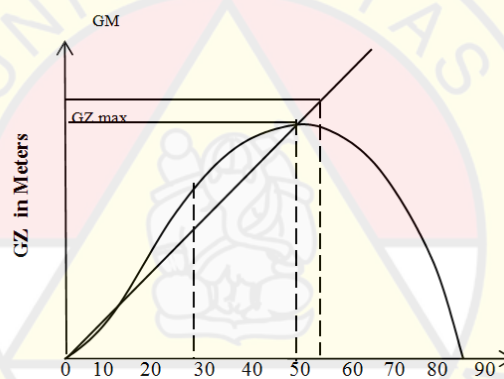
(c)Keseimbangan tidak stabil (*unstable equilibrium*)

(d)Keseimbangan netral (*neutral equilibrium*)

Fyson, (1985) Dijelaskannya, kestabilan statik kapal berkaitan dengan perhitungan nilai GZ atau *return arm* kapal penyelamat. Hal ini untuk mencegah air masuk ke dalam kapal penyelamat. Gamabr kurva ini menunjukkan hubungan antara tuas pembalik GZ , yang memiliki perubahan sudut pitch yang berbeda dengan perpindahan yang konstan.

Menurut (Rawson dan Tupper,1968), kurva stabilitas statis menunjukkan:

- 1) Kemiringan pada titik awal. Nilai kembali dari sudut kemiringan kecil sebanding dengan sudut kemiringan. Nilai tangen GZ pada titik ini mewakili ketinggian metacenter.
- 2) Maksimum nilai GZ, Nilai ini sebanding dengan momen maksimum yang menyebabkan sudut kemiringan maksimum pada saat kapal tidak tenggelam.
- 3) Selang stabilitas (*range of stability*), yaitu interval di mana nilai GZ positif. Interval antara kapal kembali ke posisi semula ($0-90^{\circ}$) biasanya setelah kehilangan momen yang menyebabkan kemiringan.
- 4) Luas daerah di bawah kurva. Daerah ini mewakili kemampuan kapal untuk menyerap energi yang diberikan oleh angin, gelombang dan kekuatan eksternal lainnya.



Sumber: Rawson dan Tupper, 1968 vide Sitompul, 2005

Gambar 2. 10 Kurva GZ

Nilai – nilai yang dihasilkan harus memenuhi kriteria dari IMO *Resolution A.749 (18) Chapter 3 Design Criteria Applicable To All Ship adopted on 4 November 1993* :

- 1) Bagian A.749 (18), Bab 3.1.2.1:
 - a. Luasan pada area di bawah kurva GZ pada sudut $0^{\circ} - 30^{\circ}$ (derajat) harus melebihi atau sama dengan 3,151 m.derajat,
 - b. Luasan pada area dibawah kurva GZ pada sudut $0^{\circ} - 40^{\circ}$ (derajat) harus melebihi atau sama dengan 5,157 m.deg,
 - c. Luasan pada area dibawah kurva GZ pada sudut $30^{\circ} - 40^{\circ}$ (derajat) harus melebihi atau sama dengan 1,719 m.deg.

- 2) Bagian A.749 (18), Bab 3.1.2.2: nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut $30^\circ - 180^\circ$ (derajat) harus melebihi atau sama dengan 0,2 m.
- 3) *Section A.749* (18), Chapter 3.1.2.3: sudut pada nilai GZ maksimum harus melebihi atau sama dengan 25° (derajat).
- 4) Bagian A.749 (18), Chapter 3.1.2.4: nilai GM awal pada sudut 0° (derajat) harus melebihi atau sama dengan 0,15 m.

2.10.5 *Seakeeping* Kapal

Seakeeping merupakan wilayah penelitian yang meliputi perilaku dan kinerja kapal di atas ombak, yang menunjukkan kemampuannya dalam mempertahankan fungsinya dalam menjalankan misinya di laut. Oleh karena itu, analisis keadaan laut sangat penting untuk mengetahui kemampuan suatu kapal untuk bertahan dalam situasi cuaca buruk yang berbahaya. (Zarma, 2015)

Prediksi gerakan kapal, gaya hambat, dan efek dinamis seperti di laut sangat penting dalam semua operasi laut, transportasi tugas berat, dan lepas pantai. Hal ini membuat pelayaran penting. Cara langsung dan mudah untuk mendapatkan hasil eksploitasi laut adalah dengan menjalankan uji model. Hasil yang diperoleh sangat akurat, tetapi prosesnya mahal dan memakan waktu, dan pengujian tangki laut tidak cocok untuk sebagian besar proyek dunia nyata. Sebuah metode alternatif dan populer saat ini adalah dengan menggunakan kode komputer untuk melakukan pekerjaan memprediksi pelayaran. Namun, perangkat lunak yang berbeda dapat memberikan hasil yang berbeda di bawah kondisi lingkungan yang sama.

Memprediksi gerakan kapal, drag dan efek dinamis di laut sangat penting dalam semua transportasi, beban berat dan operasi laut. Inilah yang membuat berlayar menjadi penting. Cara langsung dan mudah untuk mendapatkan hasil pengembangan kelautan adalah dengan melakukan eksperimen model. Hasil yang diperoleh sangat akurat, tetapi prosesnya mahal dan memakan waktu, dan pengujian tangki kapal tidak cocok untuk sebagian besar proyek dunia nyata. Metode lain dan populer saat ini adalah menggunakan kode komputer untuk memprediksi kendaraan. Namun,

perangkat lunak yang berbeda dapat menghasilkan hasil yang berbeda di bawah kondisi lingkungan yang sama.(Wang, 2015).

2.10.6 Deck Wetness Kapal

Deck wetness adalah suatu kondisi dimana frekuensi gelombang memiliki nilai amplitudo yang besar dan air masuk ke geladak kapal . Hal ini terkait dengan keselamatan kapal : semakin tinggi amplitudo gelombang , semakin besar gelombang naik.

Ada dua cara untuk memperbaiki angka *Deck Wetness* yang bermasalah. pertama adalah untuk meningkatkan freeboard. Pilihan lain adalah mendesain dek depan untuk mengeluarkan air dalam jumlah besar Turun dari kapal dengan cepat dan aman. dengan menggunakan camber yang memadai (Fajar,2017)

