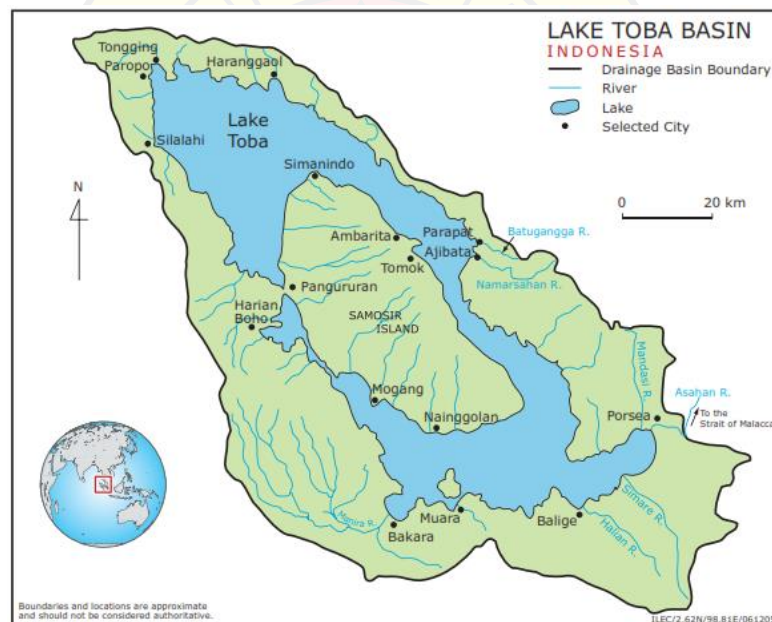


BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Danau Toba

Dalam buku Danau – Danau Alami Nusantara karangan Anugerah Nontji menjelaskan bahwa Danu Toba terletak di pegunungan Bukit Barisan Provinsi Sumatra Utara, dengan posisi geografis antara $2^{\circ}26'35''$ – $2^{\circ}56'28''$ Lintang Utara dan $98^{\circ}26'35''$ – $99^{\circ}15'40''$ Bujur Timur. Jaraknya kurang lebih 176 km arah selatan kota Medan, ibukota Propinsi Sumatra Utara. Danau ini berbatasan dengan tujuh wilayah administratif kabupaten yakni kabupaten Samosir, Toba Samosir, Simalungun, Tapanuli Utara, Humbang Hasundutan, Dairi dan Karo.



Sumber: <http://www.worldlakes.org/lakedetails.asp?lakeid=8367>

Gambar 2. 1 Danau Toba

Danau Toba merupakan danau terbesar di Asia Tenggara, dan merupakan danau terdalam Kesembilan di dunia serta menjadi danau tipe vulkanik kaldera terbesar di dunia. Danau ini berada 905 meter di atas permukaan laut dengan panjang 100 km, lebar 30 km dan luas diperkirakan sebesar 1130 km dan

volume 242 m. kedalaman sebelah utara adalah 529 m sedangkan kedalaman sebelah selatan adalah 429 m (Eka,2018).

Menurut skala Beaufort, rata-rata angin di Danau Toba tergolong sepoi lembut (3,4 – 5,4 m/detik), sepoi sedang (5,5 – 7,9 m/detik), dan sepoi segar (8,0 – 10,7 m/detik). Dampak langsung tiupan angin sepoi segar yang terlihat di permukaan air adalah adanya gelombang agak besar dan panjang, serta banyak buih (Hadiid,2014).

2.2 Pariwisata Danau Toba

Dari data Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Utara tahun 2020, pada periode Januari 2020, jumlah wisman yang berkunjung di Sumatera Utara mengalami kenaikan 17,57 persen dibandingkan periode yang sama tahun 2019, yaitu dari 17.470 kunjungan tahun 2019 naik menjadi 20.539 kunjungan tahun 2020. Dari sepuluh negara pasar utama wisman pada Januari 2020, Malaysia masih mendominasi jumlah wisman yang datang di Sumatera Utara yaitu 43,07 persen, diikuti oleh Singapura 6,75 persen, Belanda 4,01 persen, Australia 2,64 persen, Tiongkok 2,42 persen, Taiwan 2,06 persen, Inggris 1,70 persen, Jerman 1,52 persen, Amerika Serikat 1,47 persen, dan India 1,42 persen. Jumlah wisman dari sepuluh negara tersebut adalah 65,67 persen dari total kedatangan wisman di Sumatera Utara.

Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu dari 10 (sepuluh) destinasi pariwisata unggulan di Indonesia dimana terdapat 339 Objek wisata yang tersebar di seluruh daerah yang ada di 33 Kabupaten/Kota yang ada di Provinsi Sumatera Utara. Saat ini baru 120 Objek wisata yang telah dipasarkan meliputi potensi alam, salah satunya adalah Kawasan Danau Toba. Kawasan Danau Toba merupakan kawasan pariwisata andalan, baik skala provinsi maupun nasional (Kementerian PUPR,2015).

Dalam PP No 50 tahun 2011 tentang Rencana Induk Pembangunan Kepariwisata Nasional tahun 2010 - 2025, Danau Toba Ditetapkan sebagai Destinasi Pariwisata Nasional (DPN).

2.3 Transportasi Pendukung Pariwisata Danau Toba

Berdasarkan data dari Kompas.com Terdapat 2 moda transportasi menuju Danau Toba yang umum digunakan yaitu moda transportasi udara dan transportasi darat. Untuk moda transportasi udara dapat menggunakan pesawat menuju Bandara Internasional Kualanamu di Medan atau langsung menuju Bandara Silangit di Kabupaten Tapanuli Utara. Maskapai yang dapat digunakan menuju Bandara Internasional Kualanamu yaitu Garuda Indonesia, Lion Air, Citylink, Batik Air dan Sriwijaya Air. Dari Bandara Internasional Kualanamu dapat menggunakan bus dari Terminal Amplas ataupun Terminal Pinang Baris menuju Parapat dengan jarak tempuh 175 km ataupun dapat menggunakan pesawat berbadan kecil yaitu Wings Air dan Garuda Indonesia menuju Bandara Silangit dengan waktu tempuh 40 – 50 menit. Dari Bandara Silangit dapat menggunakan angkutan taksi atau bus menuju kota – kota di pinggiran Danau Toba seperti Parapat dan Balige dengan jarak tempuh ± 77 km. Beberapa transportasi lain yang dapat digunakan dari Kota Medan menuju Parapat yaitu Mobil *Travel* ataupun mobil sewaan seperti Toyota Kijang atau APV.



Sumber : Parapat 2018

Gambar 2. 2 Moda Transportasi Darat dan Udara Medan - Danau Toba

Untuk mencapai tempat – tempat wisata yang berada di sekitaran Danau Toba biasanya menggunakan angkutan kota, ojek dan ojek *online*. Jika menggunakan paket wisata yang di tawarkan agen *travel* maka angkutan akan disediakan dari agen berupa mobil *travel*. Transportasi danau yang digunakan untuk menyeberang ke Pulau Samosir ataupun ke tempat – tempat wisata dapat menggunakan kapal *ferry*, kapal cepat dan kapal motor Lapo Parindo. Untuk pengendara kendaraan roda dua atau roda empat menuju ke pulau Samosir, pada umumnya menggunakan jasa kapal *ferry* penyeberangan dari pelabuhan Ajibata, Parapat. Pelayanan penyeberangan kapal *ferry* ini beroperasi mulai pukul 08.30 dengan kapal *ferry* KMP Tao Toba I dan KMP Tao Toba II. Tak hanya dari Parapat, penyeberangan menuju Pulau Samosir juga bisa dilakukan melalui Dermaga Muara ke Sepinggian di Nainggolan. Jalur ini dilayani oleh KMP Sumut II dengan kapasitas penumpang 40 orang dan 8 unit kendaraan. Jarak tempuh dari Muara ke Nainggolan memakan waktu sekitar 50 menit. Beroperasi 2 kali seminggu yaitu hari Sabtu dan Minggu. Ada 9 trayek kapal penumpang umum yang bisa digunakan untuk menyeberang ke Samosir dari berapa dermaga kecil seperti Balige, Ajibata, Haranggaol dan Tiga Raja, dengan tujuan ke Onan Runggu, Nainggolan, Mogang, Simanindo, Pangururan dan Tomok (Lopo Parindo). Setiap trayek kapal penumpang umum ini, setiap harinya ada yang melakukan perjalanan 1 kali sehari, 5 kali, hingga 10 kali seharinya. Sedangkan untuk trayek kapal wisata, lebih banyak dari Parapat, yakni Ajibata menuju Tomo Tour 14 kali sehari dan dari Tiga Raja menuju Tuktuk 8 kali sehari (Kemenpar,2018).



Sumber : Parapat 2018

Gambar 2. 3 Moda Transportasi Air Danau Toba

2.4 *Amphibious Coach*

Kendaraan amfibi adalah kendaraan khusus yang dapat melakukan perjalanan melalui darat dan air (Sergei,2018).

Kendaraan amfibi memiliki kinerja tanpa hambatan yang luar biasa, yang dapat melintasi gunung dan sungai, tidak terbatas, sehingga dapat memainkan peran besar dalam militer, transportasi, penyelamatan bencana, survei eksplorasi, dan bidang profesional lainnya (Xiao, 2008).

Selama Perang Dunia Kedua, Komite Transportasi Motor Amerika merekomendasikan untuk mengembangkan kendaraan amfibi. Lembaga angkatan laut Amerika Stevens merancang tiga jenis cangkang bentuk kapal dan kendaraan sampel diproduksi dengan sukses pada bulan Februari 1942, bernama GPA amfibi jip, yang merupakan mobil amfibi generasi pertama dari peralatan Amerika dan juga menjadi mobil amfibi pertama di dunia (Xian Chün Cheng,2014).

Dalam militer, mobil amfibi sangat dibutuhkan dan banyak di buat secara massal. Mobil amfibi yang paling terkenal adalah Volkswagen 166 dari Jerman yang digunakan dalam perang dunia kedua dimana mobil ini dapat melaju di darat dengan kecepatan 90 km/jam dan di air 10 km/jam (Wei dan Jiang,2012).

Setelah Perang Timur Tengah pada tahun 1973, kendaraan pengangkut amfibi mendapat perhatian lebih lanjut, karena mereka memainkan peran penting dalam melintasi tanah dan sungai atau laut. Selama bertahun-tahun, kekuatan militer, seperti Amerika Serikat, Rusia dan Inggris, telah mengembangkan berbagai kendaraan *off-road* amfibi, di mana model utamanya adalah IPK, IARC-5, LARC-15 dan LARC-30 dari Amerika. Negara-negara, IVECO 6640G Italia, VAP 3550 Spanyol dan Alvi Stalwart dan Amphitruck dari Inggris (Wu, 2004).

Salah satu contoh adalah *AmphiCoach GTS-1*, *AmphiCoach* merupakan salah satu bus amfibi berkapasitas 50 orang. *AmphiCoach* diproduksi di Republik Malta, dan di desain oleh Scotsman George Smith. Kendaraan dengan panjang 12 meter dan lebar 2,5 meter ini diproduksi pada tahun 2006. *AmphiCoach* adalah kendaraan amfibi yang telah dikembangkan di bawah pengawasan profesional. Hal ini didasari atas dasar kinerja, level penyelesaian, keselamatan dan kenyamanan penumpang, kenyamanan berkendara, stabilitas dan kemampuan bermanuver. Mesin pada bus ini menggunakan *Iveco Tector Common*

Rail Turbo Diesel with intercooler 2/4 WD dengan transmisi *automatic* dan manual.



Sumber: Wikipedia 2019

Gambar 2. 4 *AmphiCoach* GTS-1

2.5 Metodologi Perancangan *Amphibious Vehicles*

Dalam jurnal penelitian Burciu (2012), Metodologi merancang *Amphibious Flood Rescue Vehicles* pada tahap pra-desain didasarkan pada penerapan pendekatan modul dan proses perancangan terdiri dari tahapan berikut, dalam urutan seperti di bawah ini:

1. Mendefinisikan penggunaan kendaraan yang dimaksudkan;
2. Memperkirakan dimensi kendaraan utama;
3. Mendefinisikan jenis konstruksi kendaraan dan bahan struktural dasar;
4. Perkiraan berat kendaraan;
5. Memperkirakan volume ruang kendaraan internal (kompartemen);
6. Memperkirakan kapasitas daya sistem propulsi;
7. Memperkirakan daya apung kendaraan, termasuk daya apung cadangan yang diperlukan;
8. Memperkirakan stabilitas kendaraan;
9. Memperkirakan perilaku kendaraan saat mengapung, termasuk kualitas cuaca dan mobilitas;
10. Memperkirakan biaya produksi kendaraan;

11. Mempersiapkan spesifikasi desain teknik.

Kriteria desain harus ditujukan untuk mencapai tujuan-tujuan berikut:

1. Berat kendaraan serendah mungkin;
2. Sistem propulsi perahu menjadi semodern mungkin;
3. Sifat hidro mekanis terbaik kendaraan saat mengapung.

Proses merancang *Amphibious Flood Rescue Vehicles*, dari sudut pandang tujuan penggunaan kendaraan tersebut (mengambang dan melayang), terdiri dari tiga modul utama:

Modul A, umum

1. Spesifikasi teknis utama dan dimensi kendaraan;
2. Bentuk kendaraan;
3. Pembagian ruang kendaraan;

Modul B, masalah statis

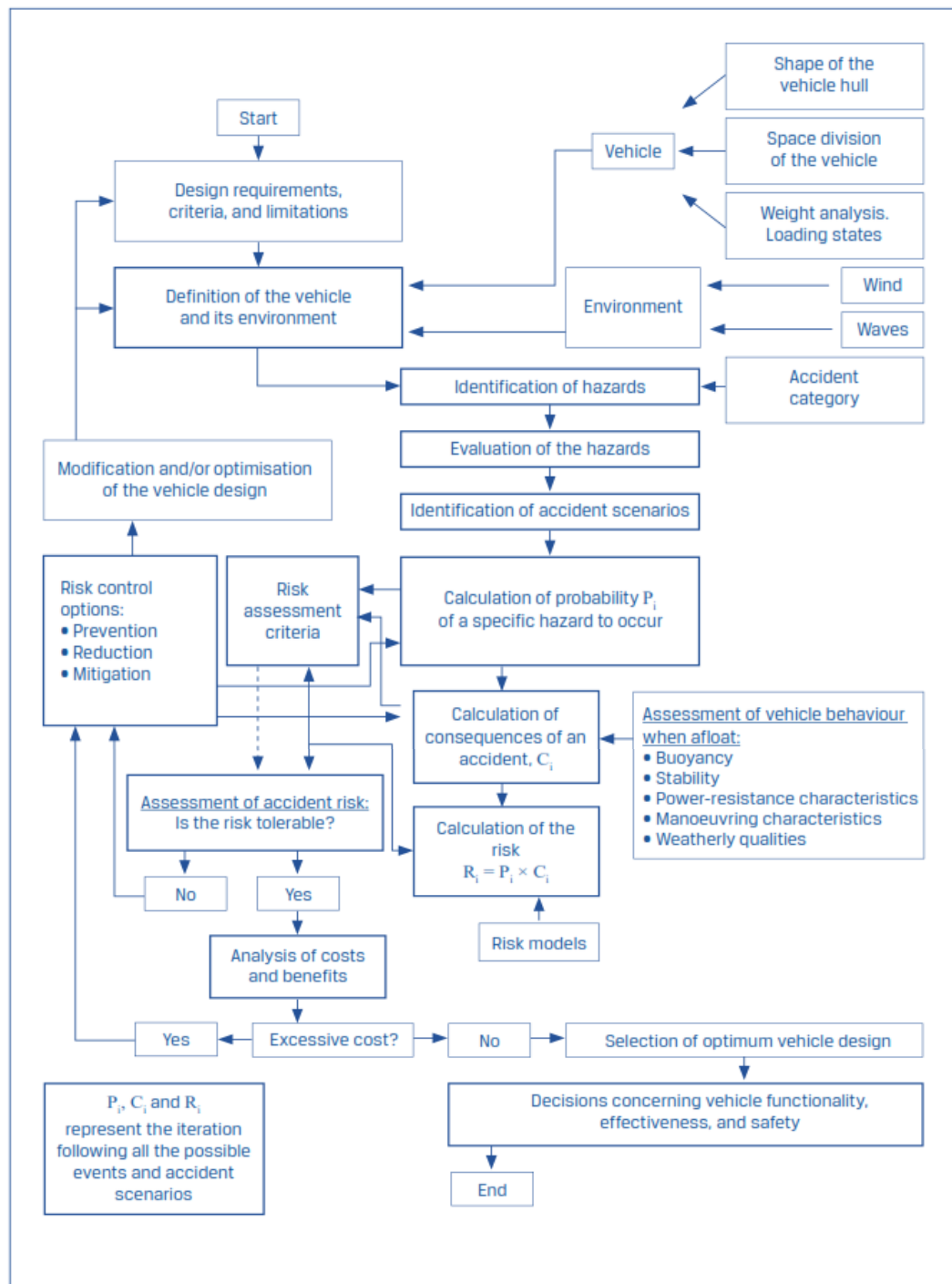
1. *Hull* kendaraan (*shell*, komponen struktural utama);
2. Sistem propulsi kendaraan (sistem propulsi utama, sistem propulsi tambahan, *drive shaft* and *axles*);
3. Sistem rolling darat (sistem kemudi, sistem suspensi, roda jalan);
4. Bobot kendaraan (kendaraan, kru, bahan bakar, cadangan, pakaian);

Modul C, masalah dinamis

1. Performa dan mobilitas kendaraan saat dikendarai di darat (di jalan beraspal dan di jalan raya)
2. Performa dan perilaku kendaraan saat mengapung.

Menurut struktur metode seperti yang disajikan pada Gambar 2.9, elemen penting dari metode nya adalah penilaian perilaku kendaraan saat mengapung, meliputi hal-hal berikut :

1. Daya apung;
2. Stabilitas;
3. Karakteristik daya tahan;
4. karakteristik manuver;
5. Kualitas cuaca.



Sumber : Burciu 2012

Gambar 2. 5 Struktur Metode Merancang *Amphibious Flood Rescue Vehicles* Pada Tahap Pra-Desain

2.6 Proses Desain

Di dalam buku *Wheeled Amphibians*, desain *amphibious vehicle* berlangsung dalam empat tahap pengerjaan. Dalam tahap – tahap ini desain di kembangkan dari berbagai pertimbangan umum seperti ukuran dan kekuatan. Untuk pertimbangan khusus termasuk desain, pemilihan dan pengaturan komponen serta pengujian dan evaluasi.

Empat tahap proses desain adalah:

1. *Conceptual Design*

Selama fase ini karakteristik dasar kandidat amfibi dikembangkan. pekerjaan desain ini dilakukan untuk mendukung studi sistem dan digunakan untuk mengembangkan persyaratan yang realistis dan spesifik

2. *Preliminary Design*

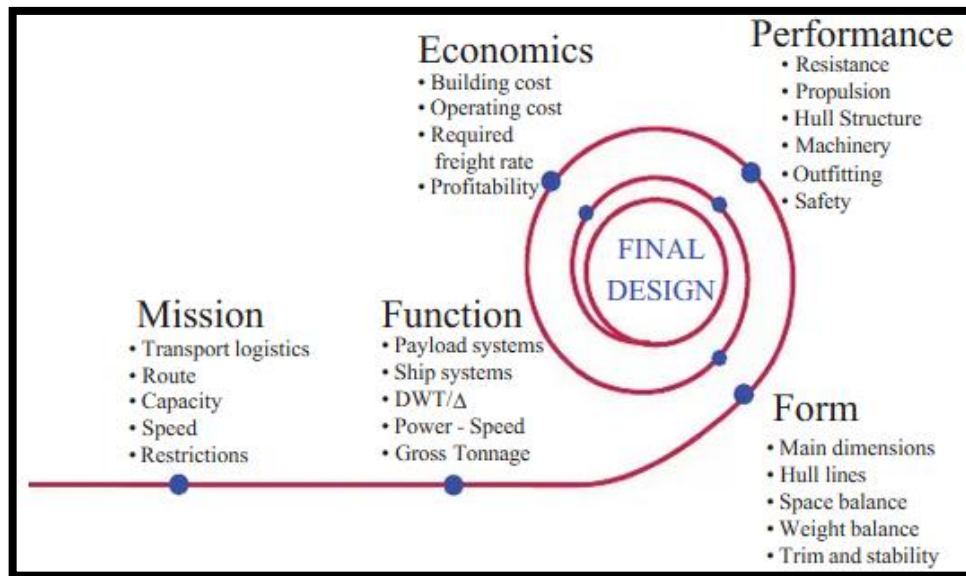
Selama fase ini karakteristik-karakteristik yang dikembangkan dalam desain konseptual diperiksa dan dimodifikasi hingga persyaratan tersebut disahkan. ini dilakukan dengan merancang, memilih, dan mengatur komponen utama dan sistem amfibi. ini termasuk pertukaran *hardware* utama yang diperlukan untuk menghasilkan kendaraan yang hemat biaya.

3. *Detail or Final Design*

Selama fase ini desain awal dikembangkan menjadi satu set rencana akhir dari mana amfibi dapat dibangun. ini melibatkan desain, pemilihan, dan pengaturan semua komponen dan sistem di amfibi

4. *Testing and Evaluation*

Selama fase ini kendaraan prototipe dikenai tes yang diperlukan untuk menunjukkan bahwa desain memenuhi persyaratan. pengujian dan evaluasi memberikan umpan balik tentang validitas prosedur desain yang digunakan, dan menyempurnakan efek dan masalah yang harus diatasi agar amfibi memenuhi persyaratan. kemudian dalam pengujian siklus hidup dilakukan sebagai bagian dari program peningkatan produk



Sumber : Buku *Ship Design*

Gambar 2. 6 Prosedur Desain *Amphibious Vehicle*

2.6.1 Kriteria Desain

Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan dan desain konfigurasi amfibi dan sistem, subsistem, dan komponennya. Kepentingan relatif dari setiap faktor akan tergantung pada persyaratan dan tujuan tertentu, yaitu kriteria, yang telah ditentukan untuk konsep yang diberikan. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan termasuk, tetapi tidak terbatas pada, kesederhanaan, daya tahan, kerentanan, berat, pengaturan, keselamatan (faktor manusia), pemeliharaan, keandalan, ketersediaan, efektivitas, dan biaya. Faktor-faktor ini tidak independen. Misalnya, kemudahan pemeliharaan, keandalan, dan ekonomi semuanya terkait dengan kesederhanaan. Kriteria paling berguna dalam studi *trade-off* atau evaluasi ketika faktor-faktor dapat dibandingkan secara kuantitatif. Dalam banyak kasus tidak mungkin untuk menemukan ukuran kuantitatif sehingga perbandingan harus dijadikan dasar kualitatif.

2.6.2 Prosedur Desain Konseptual

Sebelum memulai fase desain apa pun, perancang harus memiliki pemahaman tentang informasi input, output yang diperlukan, dan prosedur atau langkah-langkah yang mengarah dari input ke output. Semua fase desain amfibi beroda serupa dalam prosedur yang melibatkan serangkaian perhitungan, gambar,

dan keputusan berulang yang harus menghasilkan solusi yang memuaskan. Fase desain dibedakan satu sama lain dengan tingkat detail yang terlibat dalam perhitungan desain, gambar, dan keputusan. Fase konseptual adalah yang paling umum.

2.6.3 Ukuran Dan Pengaturan

Secara umum, prosedur data yang digunakan dalam prosedur dikembangkan dari pengalaman dengan desain yang sukses di masa lalu untuk mengembangkan output desain konseptual dalam waktu singkat dengan tenaga kerja minimum. Misalnya, selama persiapan desain konseptual, rencana struktur lambung biasanya tidak akan dikembangkan ke keadaan bahwa estimasi berat dapat disiapkan dengan perhitungan langsung. Sebaliknya, estimasi berat lambung akan dibuat dari hubungan yang diketahui antara ukuran, bentuk, dan variasi berat yang dikembangkan dari data pada desain sebelumnya. Sebagai hasilnya, data desain konseptual harus diperbaharui setiap kali informasi tentang desain baru menjadi canggih, data desain konseptual harus diperbaharui. Ini berlaku untuk item seperti mesin, sistem transmisi, roda gigi berjalan, dan kontrol.

Perancang harus berhati-hati bahwa penggunaan data dari kendaraan masa lalu, dalam perancangan kendaraan baru, tidak menghambat penggunaan konsep dan perkembangan baru. Untuk mengambil keuntungan dari kemajuan semacam itu, mungkin perlu untuk melakukan beberapa langkah desain konseptual dengan lebih rinci daripada yang biasanya diperlukan. Misalnya, ketika mempelajari efek karakteristik kendaraan, data pada bobot lambung baja dan aluminium yang ada tidak akan banyak berguna.

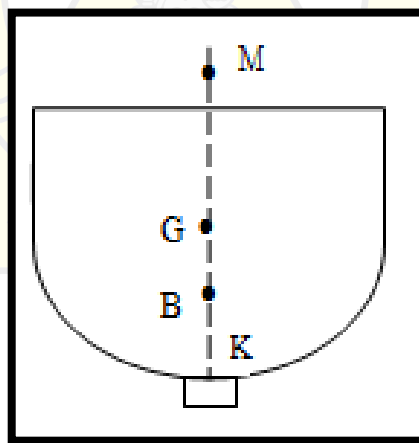
2.7 Perhitungan Stabilitas

Stabilitas kapal dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah menjadi miring akibat *moment temporal*, *moment temporal* dapat disebabkan oleh angin, gelombang, distribusi muatan, berat muatan di dek, di kapal, dan lain-lain (Fyson, 1985). Stabilitas kapal tidak hanya berpengaruh terhadap keselamatan kapal di laut, tetapi juga berhubungan langsung dengan karakteristik operasi kapal dan kenyamanan awak kapal (Smith,

1975). (Farhum, 2006) menjelaskan stabilitas statis (*initial stability*) adalah stabilitas kapal yang diukur pada kondisi air tenang dengan beberapa sudut keolengan pada nilai ton *displacement* yang berbeda. Sedangkan stabilitas dinamis adalah stabilitas kapal yang diukur dengan jalan memberikan suatu usaha pada kapal sehingga membentuk sudut keolengan tertentu.

Menurut (Taylor, 1977 dan Hind, 1982), mengatakan bahwa stabilitas pada sebuah kapal dipengaruhi oleh letak titik-titik konsentrasi gaya yang bekerja pada sebuah kapal tersebut. Ketiga titik tersebut adalah:

- 1) Titik B (*center of buoyancy*) yaitu titik khayal yang merupakan pusat seluruh gaya apung yang bekerja ke atas;
- 2) Titik G (*center of gravity*) yaitu titik khayal yang merupakan pusat seluruh gaya berat pada kapal yang bekerja secara vertikal;
- 3) Titik M (*metacenter*) yaitu titik khayal yang merupakan titik potong dari garis khayal yang melalui titik B dan G saat kapal berada pada posisi miring akibat bekerjanya gaya-gaya pada kapal. Titik M merupakan titik maksimum bagi titik G. Oleh karena itu, posisi titik B sangat tergantung dari bentuk badan kapal yang terendam di dalam air.



Sumber: Fyson, 1985

Gambar 2. 7 Jarak KB, BM, dan KM.

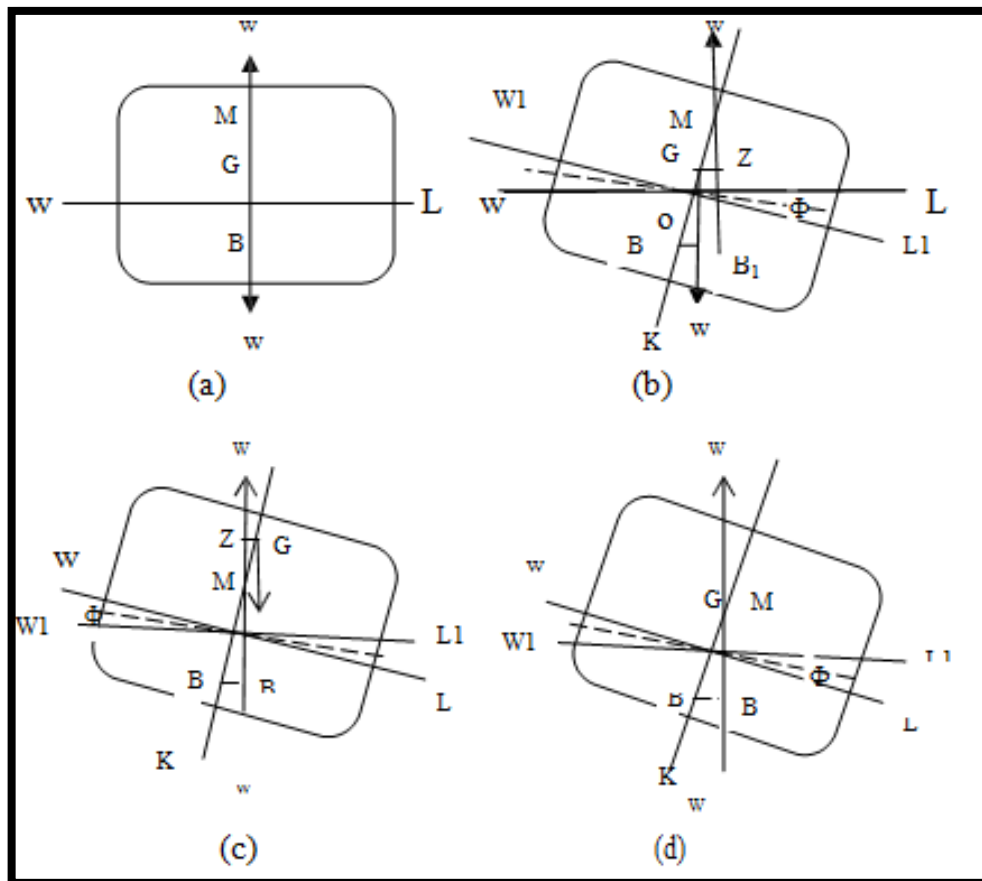
Menurut (Taylor, 1977), suatu benda dikatakan dalam posisi seimbang apabila resultan dari seluruh gaya-gaya yang bekerja padanya sama dengan nol dan momen resultan dari seluruh gaya-gaya tersebut juga sama dengan nol. Untuk keseimbangan, gaya apung dan berat harus sama dan kedua gaya harus bekerja sepanjang garis lurus yang sama.

Pada dasarnya terdapat tiga jenis keseimbangan, antara lain (Derret,1991):

- 1) Keseimbangan stabil (*stable equilibrium*). Kapal dikatakan dalam keseimbangan stabil yaitu jika kapal ketika miring, kapal dapat kembali ke posisi semula (tegak). Agar ini terjadi, pusat gaya berat harus berada di bawah metasenter. Kapal memiliki nilai GM positif yaitu G berada di bawah M, dan lengan penegak (GZ) berada di bawah metasenter (Gambar 2.10 (b)).
- 2) Keseimbangan tidak stabil (*unstable equilibrium*). Kapal dikatakan tidak stabil yaitu ketika kapal miring terus miring lebih jauh. Agar ini terjadi, kapal memiliki nilai GM negatif yaitu G berada di atas M. Pada Gambar 2.10(c), lengan GZ berada di atas metasenter. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbul-lah sebuah momen yang dinamakan Momen Penerus/*Healing Moment* sehingga kapal akan bertambah miring.
- 3) Keseimbangan netral (*neutral equilibrium*) yaitu ketika G berimpit dengan M seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10(d), dan ketika kapal miring, kapal akan tetap berada dalam sudut kemiringannya sampai mendapat gaya eksternal lainnya. Pada kondisi ini lengan penegak GZ tidak dihasilkan. Tidak ada momen yang dihasilkan untuk kapal tersebut kembali tegak atau terus bergerak searah kemiringannya. Kemiringan yang tetap ini dinamakan *list*.

Metode yang digunakan pada perancangan ini merupakan metode dari A.N Krylov yang dimana metode ini digunakan untuk mendapatkan nilai *righting lever* (GZ).

Dalam jurnal penelitian Marjoni (2010), metode A.N Krylov digunakan untuk menganalisis stabilitas statis dan dinamis melalui kurva stabilitas statis (GZ) dimana nilai GZ masing – masing didapatkan dari lima variasi kondisi distribusi muatan yang menunjukkan stabilitas statis dan dinamis kapal baik ditunjukkan dari nilai lengan penegak kopel (GZ) positif dan jauh diatas nilai minimum rekomendasi IMO.



Sumber: Derret, 1991

Gambar 2. 8 Posisi Keseimbangan

Keterangan :

B: Titik pusat gaya apung

K: Lunas

G: Titik pusat gaya berat

W_L : Garis air

M: Titik *metacenter*

w : Gaya yang bekerja

GZ: Lengan pengembali

Φ : Sudut oleng

(a) Posisi keseimbangan

(b) Keseimbangan stabil (*stable equilibrium*)

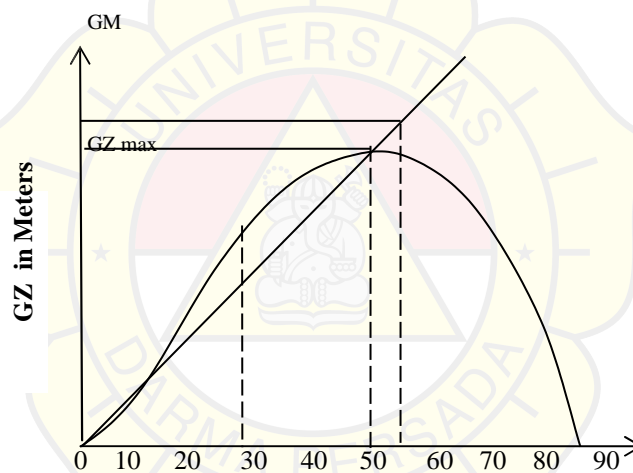
(c) Keseimbangan tidak stabil (*unstable equilibrium*)

(d) Keseimbangan netral (*neutral equilibrium*)

Fyson, (1985) menjelaskan bahwa stabilitas statis kapal terkait dengan perhitungan nilai GZ atau lengan pengembali pada kapal. Hal ini berfungsi agar air tidak masuk ke dalam kapal. Kurva ini menunjukkan hubungan antara lengan pengembali GZ pada berbagai variasi sudut kemiringan pada perubahan berat konstan (*constant displacement*).

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

- 1) Kemiringan pada titik awal. Nilai pengembali untuk sudut kemiringan yang kecil adalah proporsional terhadap sudut kemiringan. Nilai tangen GZ pada titik ini menggambarkan tinggi metasenter;
- 2) Nilai maksimum GZ, nilainya proporsional dengan momen terbesar yang menyebabkan sudut kemiringan maksimum dimana kapal tidak tenggelam;
- 3) Selang stabilitas (*range of stability*), yaitu selang dimana nilai GZ adalah positif. Biasanya berada pada selang antara $(0-90^0)$ dimana kapal akan kembali ke posisi semula setelah momen yang menyebabkan kemiringan hilang;
- 4) Area di bawah kurva. Area ini menggambarkan kemampuan kapal untuk menyerap energi yang diberikan oleh angin, gelombang, dan gaya eksternal lainnya.



Sumber: Rawson dan Tupper, 1968 vide Sitompul, 2005

Gambar 2. 9 Kurva Stabilitas Statis (Kurva GZ)

2.7.1 Stabilitas *Amphibi Coach*

Analisis stabilitas digunakan untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang pada beberapa kondisi pemuatan (*load cases*). Kriteria stabilitas yang digunakan mengacu pada *Intact Stability Code 2008*. Dilakukan pemeriksaan pada 14 kondisi yaitu *Load case 1* pada saat muatan dan *consumable* penuh, *Load case 2* saat muatan penuh dan *consumable* kosong, *load case 3* saat muatan setengah terisi dan *consumable* penuh, *load case 4* saat muatan setengah terisi dan *consumable* kosong, *load case 5* saat muatan kosong dan *consumable*

penuh, dan yang terakhir *load case* 6 ketika muatan kosong dan *consumable* kosong. Lalu kondisi A adalah ketika posisi penumpang tersebar merata, kondisi B ketika posisi penumpang tersebar di sisi kiri kapal dan kondisi C ketika posisi penumpang tersebar di sisi kanan kapal (Rinaldi,2018).

Di dalam tugas akhir Susanto (2017), Stabilitas diperlukan dalam mendesain sebuah kapal, dalam hal ini yang akan dilakukan adalah analisa stabilitas pada bus amphihi. Untuk ukuran *Amphihi Coach* dengan Merk Hino R 235, Dari hasil yang didapatkan, diketahui bahwa stabilitas bus amphihi yang didesain sudah memenuhi syarat, hal tersebut dapat ditunjukkan dengan adanya nilai GZ yang memenuhi, yakni pada -30° nilai GZ dari desain bus juga negatif. Nilai GZ disini menunjukkan gaya balik bus terhadap titik keseimbangan yang di alaminya.

Di dalam tugas akhir Khalimi (2012), Stabilitas menggunakan 3 kondisi yaitu kondisi *load case* 1 pada saat penumpang penuh dengan kondisi bahan bakar 10%, *load case* 2 kondisi penumpang penuh dengan kondisi bahan bakar 50%, dan *load case* 3 kondisi penumpang penuh dengan kondisi bahan bakar 100%. Untuk analisa stabilitas pada analisa ini telah memenuhi persyaratan IMO yang berlaku.

Di dalam jurnal penelitian Hidayat (2019), penggunaan *Fin Stabilizer* dapat mempengaruhi stabilitas kapal. Penggunaan *Fin Stabilizer* sangat efektif untuk menurunkan nilai RMS *Rolling* kapal. Nilai RMS *Rolling* kapal tanpa *Fin Stabilizer* lebih besar dari kapal dengan *Fin Stabilizer*. Nilai RMS *Rolling* kapal tanpa *Fin Stabilizer* yaitu 6,07 Deg sedangkan untuk kapal dengan menggunakan *Fin Stabilizer* dengan variasi sudut 5 Deg, 10 Deg dan 15 Deg yaitu 5,12 Deg, 5,16 Deg dan 5,21 Deg. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *Fin Stabilizer* dengan sudut 5 Deg lebih optimal dibanding dengan sudut yang lebih besar.

2.8 Perencanaan *Fin Stabilizer*

Fin stabilizer adalah suatu peralatan *roll damping system* yang dipasang pada lambung kanan dan kiri kapal bagian bawah yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan kapal pada saat kapal berada diatas air dan bekerjanya berdasarkan prinsip pengontrolan posisi *fin*. Peralatan ini dimaksudkan untuk

mengurangi pengaruh gerakan *roll* (oleng) kapal yang disebabkan gelombang air laut. Tujuan dipasang *Fin Stabilizer* adalah untuk memberikan kenyamanan bagi penumpang atau ABK (Anak Buah Kapal) dan keamanan peralatan di dalamnya serta peningkatan akurasi sistem senjata pada kapal perang. Terutama pada kapal perang jenis kapal cepat dan tipe patroli, dimana kapal-kapal tipe ini memiliki berat yang ringan karena sebagian dari badan kapal terbuat dari logam (Susilo, 2013).

Jenis sistem *Fin Stabilizer* itu sendiri terdiri atas dua, yaitu:

1. *Fin Stabilizer passive system*
2. *Fin Stabilizer actives system*

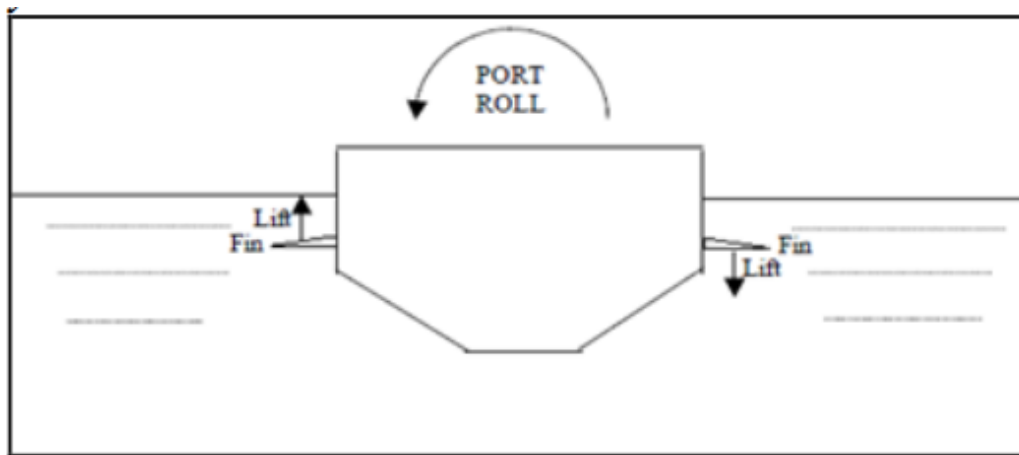
Fin Stabilizer active kapal adalah suatu peralatan *roll damping system* yang dipasang pada lambung kanan dan kiri kapal bagian bawah yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan kapal pada saat kapal berada di atas air dan bekerja berdasarkan prinsip pengontrolan posisi fin.

Jenis *Fin Stabilizer active* antara lain:

- a. *Retractable Fin Stabilizer system*, diciptakan berpasangan akan tetapi dalam penggunaan dapat digunakan secara tunggal atau dapat digunakan jika diperlukan. Jika tidak digunakan *Retractable Fin Stabilizer system* ini dapat disimpan kembali ke sisi lambung.
- b. *Aquarius Retractable Fin Stabiliser*, Memiliki mekanisme pengoperasiannya hampir sama dengan *Retractable fin stabiliser stabilizers* akan tetapi *fin* jenis ini digunakan untuk kapal – kapal kecil dengan ukuran yang minimum.
- c. *Stabilisation-at-rest system*, dalam hal pengoperasiannya hampir sama dengan *retractable stabilizers* dan *Aquarius retractable-fin stabilisers*. Sistem ini sangat ideal untuk kapal besar karena memanfaatkan *fins* dengan ditarik. *Fin* dapat dilipat ketika tidak diperlukan untuk meningkatkan keselamatan dan mempertahankan manuver saat diruang terbatas.
- d. *Non Retractable Fins*, Jenis *fin* satu ini berbeda dengan jenis – jenis *fin* lainnya karena jenis *fin* ini dirancang tidak dapat dilipat. Fungsi dari *fin* jenis ini tidak jauh berbeda dengan jenis – jenis *fin* yang lain akan tetapi untuk jenis *fin* ini dirancang memenuhi standar untuk kebisingan, guncangan dan getaran serta biaya perawatannya juga rendah. Desain *fin* ini sangat

memenuhi kebutuhan pengan militer/angkatan laut. Instalasi dari *fin* jenis ini sangat mudah karena dibentuk agar sesuai garis lambung.

Fin Stabilizer adalah suatu peralatan lambung untuk mengurangi gerakan *rolling* (gerak ke-olengan) kapal yang disebabkan oleh gelombang air laut dengan cara menghasilkan gaya angkat dari *fin* yang terpasang pada kedua sisi lambung kapal. Karena *Fin Stabilizer* berfungsi untuk mengurangi gerakan *rolling* kapal, maka dapat dikatakan sebagai anti-roll atau *roll damping system* (Kawazoe, 1994).



Sumber: Herbowo 2017

Gambar 2. 10 Posisi *Fin Stabilizer* Pada Kapal

Dalam jurnal penelitian Liang (2017), pengujian *Fin Stabilizer* pada kapal dilakukan dengan tiga Pemodelan yaitu kapal tanpa *Fin Stabilizer*, *fin angle-feedback control* dan *Lift-feedback control*. Dari tiap – tiap model diuji coba dengan 3 kecepatan yang berbeda. Sehingga menghasilkan hasil sebagai berikut :

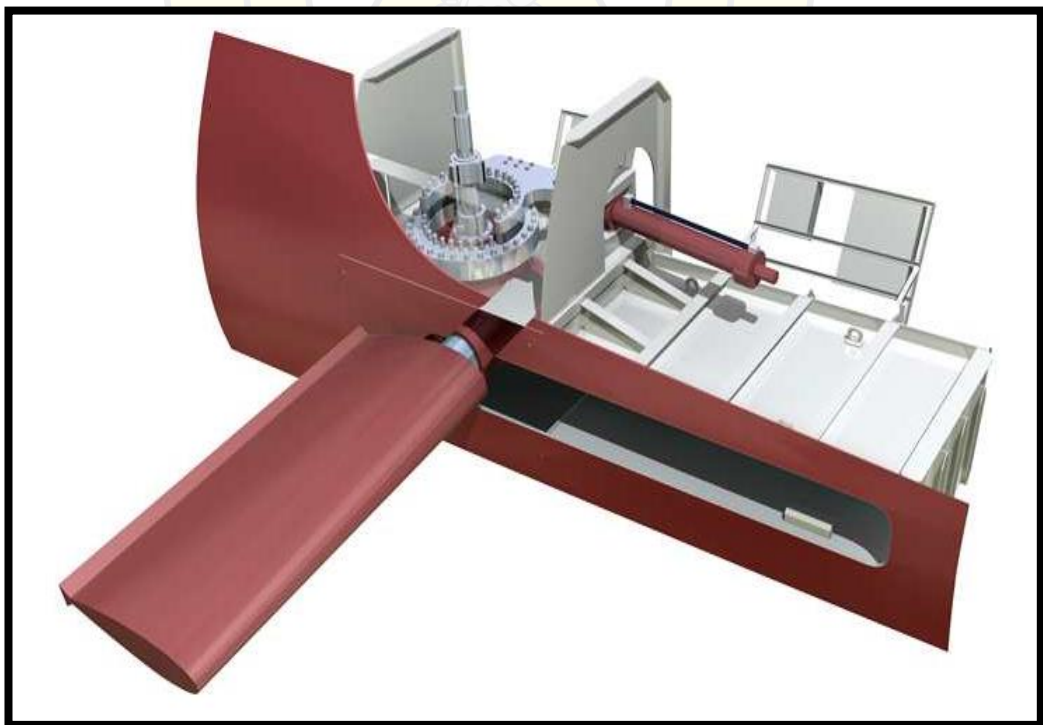
Tabel 2. 1 Hasil Statistik Kinerja *Fin Stabilizer*

Speeds (Kn)	Encounter angle (°)	Without fin		Fin angle-feedback control			Lift-feedback control		
		mean(°)	variance (°)	mean(°)	variance (°)	roll reduction rate (%)	mean(°)	variance (°)	roll reduction rate (%)
9	45	9.05	4.37	1.94	0.74	78.51	1.67	0.67	81.51
9	90	13.73	6.58	1.69	1.05	87.67	1.57	1.03	88.60
9	135	7.98	3.77	1.08	0.47	86.42	1.00	0.37	87.52
18	45	6.13	2.88	1.06	0.34	82.63	1.03	0.30	83.19
18	90	10.37	4.59	1.11	0.56	89.30	0.99	0.43	90.43
18	135	5.77	2.74	0.70	0.19	87.85	0.61	0.15	89.47
27	45	4.30	1.99	0.53	0.20	87.57	0.51	0.14	88.14
27	90	8.37	3.87	0.83	0.23	90.12	0.67	0.19	92.03
27	135	4.06	1.95	0.41	0.08	89.84	0.39	0.07	90.40

Sumber : Jurnal Penelitian Liang 2017

Dalam tugas akhir Herbowo (2017), Penambahan *fin stabilizer type Aquarius Folding-Fin Stabilizer* dengan pada kapal Ro-Ro mampu mengurangi gerakan *rolling* pada kapal yang menggunakan *fin stabilizer* dengan nilai selisih *Rolling* sebesar $4,6240^0$ atau 82% dari kapal tanpa menggunakan *Fin Stabilizer*. Sudut *Fin Stabilizer* yang paling optimal dalam hal mengurangi gerakan *rolling* pada kapal adalah ketika sudut *Fin Stabilizer* tersebut berada pada sudut 0^0 dibandingkan dengan *Fin Stabilizer* yang berada pada posisi $5^0, 10^0, 15^0, 20^0, 25^0$, dan 30^0 .

Penambahan dan pengaturan posisi *fin under ship* mempunyai pengaruh minimal terhadap kenaikan nilai tahanan dan gaya dorong kapal. Pengaruh kenaikan nilai tahanan terbesar pada penambahan jenis *fin* tunggal tipe 01 dengan kenaikan nilai tahanan sebesar 3.50 KN dan untuk jenis *fin* ganda terdapat pada tipe *fin* 02 B sebesar 6.01 KN. Persentase kenaikan tahanan minimum sesuai simulasi CFD terdapat pada *fin* tipe 01A dengan nilai kenaikan 0.015% dan kenaikan terbesar terdapat pada *fin* 02B dengan nilai kenaikan 13.9 %. Perubahan gaya dorong terbesar ditunjukkan pada variasi *fin* tunggal tipe 01 A sebesar 0.98 % untuk variasi *fin* ganda tipe 02B sebesar 1.02% (Susilo 2013).



Sumber : Kongsberg Products

Gambar 2. 11 *Fin Stabilizer Type Aquarius Folding-Fin Stabiliser*

2.9 Perhitungan Hambatan

Hambatan kapal adalah gaya yang menahan kapal ketika melaju dengan kecepatan dinasnya. Gaya hambat ini harus dilawan oleh gaya dorong yang dihasilkan oleh mesin kapal agar tercapai kecepatan yang dikehendaki.

Dalam publikasi baru-baru ini metode statistik disajikan untuk penentuan daya pendorong yang dibutuhkan pada tahap desain awal sebuah kapal. Metode ini dikembangkan melalui analisis regresi eksperimen model acak dan data skala penuh, tersedia pada *Netherlands Ship Model Basin*. Karena keakuratan metode ini dilaporkan tidak mencukupi bila kombinasi parameter utama yang tidak konvensional digunakan, upaya dilakukan untuk memperluas metode dengan menyesuaikan model prediksi numerik asli untuk menguji data yang diperoleh pada beberapa kasus tertentu. Adaptasi metode ini telah menghasilkan seperangkat formula prediksi dengan rentang aplikasi yang lebih luas. Namun demikian, perlu diperhatikan bahwa modifikasi yang diberikan hanya bersifat sementara, karena penyesuaian didasarkan pada sejumlah kecil percobaan. Bagaimanapun, aplikasinya diberikan pada bentuk lambung yang menyerupai kapal rata-rata yang digambarkan oleh dimensi utama dan koefisien bentuk yang digunakan dalam metode ini.

Metode tambahan ini difokuskan untuk meningkatkan hasil prediksi daya pada *High-block Ship* dengan rasio L/B yang rendah dan kapal-kapal langsing dengan komponen-komponen tambahan di luar lambung yang sangat kompleks dan juga bagian *transom* buritan yang tercelup air.

Beberapa bagian dari penelitian ini dilaksanakan dalam lingkup program Penelitian kooperatif NSMB. Metode tersebut diaplikasikan ke kapal angkatan laut dalam sebuah studi penelitian untuk Angkatan Laut Kerajaan Belanda. (J. Holtrop and G.G.J Mennen)

Di dalam tugas akhir Susanto (2017), Dalam perhitungan tahanan bus dipergunakan perhitungan tahanan layaknya perhitungan tahanan pada kapal, yang membedakan adalah kapal memiliki LBP, LWL, LOA. Sedangkan pada bus hanya memiliki 1 L saja, yakni panjang keseluruhan dari bus tersebut. Didapatkan untuk kecepatan yang akan digunakan pada bus serta efisiensi yang cukup bagus adalah berada pada tahanan 0,52 kN dan dengan kecepatan 4 knot.

Perhitungan nilai hambatan bus meliputi *frictional resistance*, *wave making resistance*, dan *air resistance*. Didapatkan total tahanan bus untuk ukuran LOA 14,27 m dan L 2,5 m dan T 1,6 m adalah 1,939 ton membutuhkan daya mesin 461,2 HP (Rinaldi,2018).

Untuk jenis lambung yang paling baik dalam mengurangi hambatan untuk *type multipurpose amphibious vehicle* adalah jenis lambung berbentuk U. Jenis lambung ini lebih baik dari pada jenis lambung bentuk V karena dapat mengurangi hambatan 13,6 % sampai dengan 20,3 %. Jenis lambung berbentuk U dapat meningkatkan masa operasi dan kecepatan kendaraan amfibi (Nakisa,2015).

M113 merupakan kendaraan amfibi pengangkut personil militer. Kendaraan ini di tenagai dengan mesin delapan silinder 215 HP dan memiliki kecepatan saat beroperasi di air yaitu 5,8 km/jam (3,13 knot) serta di darat dengan kecepatan 64 km/jam (Foss, 2003).

Dalam jurnal penelitian Machfudin (2018), perhitungan hambatan dilakukan dengan *software* Maxsurf dengan menggunakan metode Holtrop karena Metode Holtrop merupakan metode yang tepat digunakan pada kapal yang memiliki koefisien block (C_b) besar yakni berkisar antara 0.7 sampai dengan 0.9.

Tahanan total kapal dapat dibagi menjadi tiga yakni tahanan viskositas (R_v), tahanan gelombang (R_w) dan tahanan udara (R_a). Karena nilai tahanan udara sangat kecil yakni sekitar 4% dari tahanan total, maka perannya sering diabaikan (Sugianto, 2017).

Dalam perancangan ini penulis menggunakan metode Holtrop dimana metode ini sangat cocok digunakan karena bentuk lambung dari *Amphibi Coach* yang akan dirancang cenderung memiliki C_b yang besar.

2.10 Seakeeping

Dalam jurnal penelitian Manik (2007), *Seakeeping* adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut.

Seakeeping dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Heaving

Heaving adalah gerakan kapal yang sejajar sumbu Z dan saat terjadi *heaving* kapal mengalami naik turun secara vertikal.

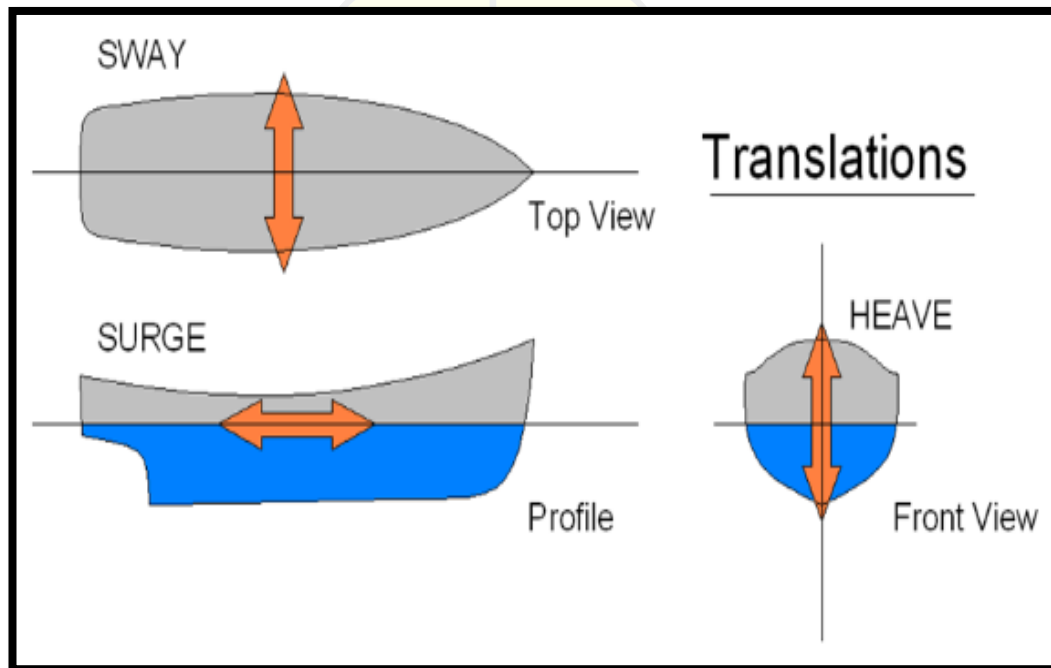
2. *Pitching*

Pitching adalah gerakan kapal yang memutar sumbu Y, ketika terjadi *pitching* kapal mengalami perubahan *trim* bagian *bow* dan *stern* secara bergantian.

3. *Rolling*

Rolling adalah gerakan kapal yang mengelilingi sumbu X, ketika terjadi *rolling* bagian sisi kanan kapal bergerak ke sebelah bagian sisi kiri kapal yang terulang secara bergantian.

Dalam jurnal penelitian Fajar (2017) menjelaskan bahwa amplitudo terbesar gerakan *Heave* dan *Rolling* terjadi pada arah gelombang *Beam Seas* (90°) sedangkan untuk amplitudo terbesar gerak *Pitch* terjadi pada arah gelombang *Following Seas* (0°) dan *Head Seas* (180°).



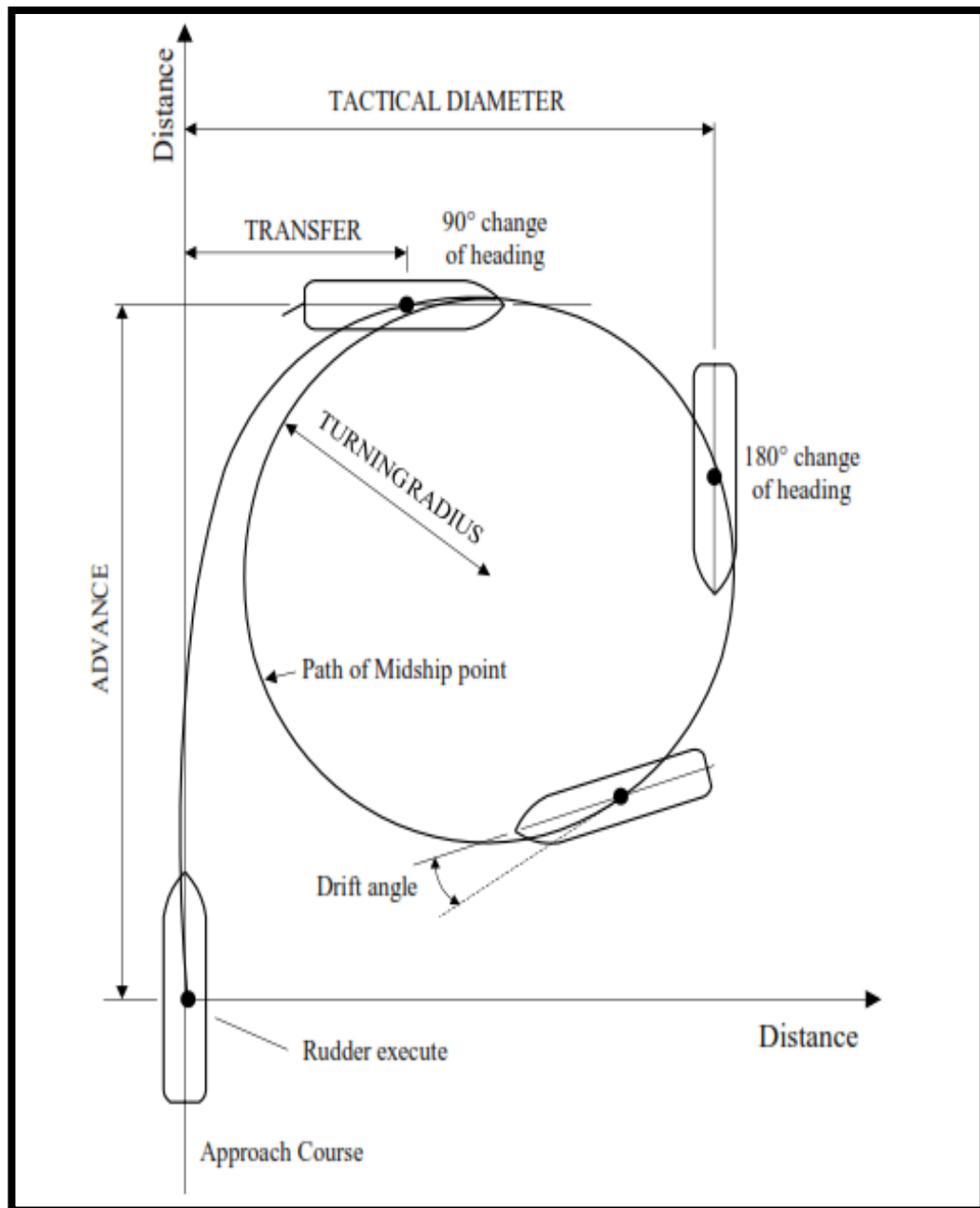
Sumber : Fajar 2017

Gambar 2. 12 Gerak *Seakeeping*

2.11 *Turning Ability*

Dalam buku *Vessel Maneuverability American Bureau of Shipping* (ABS) tahun 2006 menjelaskan bahwa *Turning Ability* adalah ukuran dari kemampuan untuk memutar kapal menggunakan kemudi 35° , hasilnya adalah gerak maju pada

perubahan arah 90° minimum dan diameter taktis yang ditentukan oleh transfer pada perubahan arah 180°



Sumber : ABS

Gambar 2. 13 *Turning Circle Test*

Dalam jurnal penelitian Andi (2017), hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui penggunaan propeler ganda dengan konfigurasi asimetrik telah meningkatkan performa *turning circle* sebesar 8 sd 14 %.

IMO (*International Maritime Organization*) telah memberikan sejumlah kriteria standar keselamatan yang harus dipenuhi oleh sebuah kapal, diantaranya adalah *turning circle* dan *zigzag maneuver* (IMO, 2002)

