

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Aspek Legalitas**

Beberapa aspek legalitas terkait dengan Desain Kapal Wisata Dengan Lambung Katamaran Sebagai Penunjang Pariwisata Di Danau Toba, adalah Peraturan yang dapat dijelaskan sebagaimana berikut.

##### **2.1.1 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM.52 Tahun 2012 tentang Alur Pelayaran Sungai dan Danau**

Dalam pasal 3 dinyatakan bahwa penyelenggaraan alur-pelayaran sungai dan danau dilakukan untuk:

- a. Ketertiban lalu lintas kapal sungai dan danau;
- b. Memonitor pergerakan kapal sungai dan danau; dan
- c. Mengarahkan pergerakan kapal sungai dan danau.

Dalam pasal 4, dinyatakan bahwa:

- (1) Penyelenggaraan alur-pelayaran sungai dan danau dilaksanakan oleh Pemerintah;
- (2) Untuk penyelenggaraan alur-pelayaran sungai dan danau sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ditetapkan:
  - a. Alur-pelayaran;
  - b. Sistem rute;
  - c. Tata cara berlalu lintas; dan
  - d. Daerah labuh kapal sesuai dengan kepentingannya.
- (3) Dalam menetapkan alur-pelayaran sungai dan danau sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a, Menteri berkoordinasi dengan instansi yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pengelolaan sumber daya air.

Dalam Bagian Kedua, Alur-Pelayaran, pasal 5 dinyatakan bahwa penyelenggaraan alur-pelayaran sungai dan danau meliputi kegiatan:

- a. Perencanaan;
- b. Pembangunan;
- c. Pengoperasian; dan
- d. Pemeliharaan.

Dalam pasal 6, dinyatakan bahwa perencanaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 huruf a terdiri atas:

- a. Jangka panjang yaitu di atas 15 (lima belas) tahun sampai dengan 20 (dua puluh) tahun;
- b. Jangka menengah yaitu di atas 10 (sepuluh) tahun sampai dengan 15 (lima belas) tahun; dan
- c. Jangka pendek yaitu di atas 5 (lima) tahun sampai dengan 10 (sepuluh) tahun.

Dalam pasal 7, dinyatakan bahwa perencanaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 meliputi:

- a. Survei inventarisasi dan identifikasi alur-pelayaran serta lalu lintas dan angkutan di sungai dan danau;
- b. Survei data primer alur; dan
- c. Profil alur.

### **2.1.2 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM.25 Tahun 2015 tentang Standar Keselamatan Transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan**

Dalam pasal 1, dinyatakan bahwa:

- (1) Keselamatan merupakan aspek penting untuk kondisi terpenuhinya keselamatan dalam angkutan di perairan, kepelabuhanan, dan lingkungan maritim;
- (2) Seluruh penyelenggara sarana dan prasarana di bidang transportasi sungai, danau, dan penyeberangan harus mengikuti standar keselamatan;
- (3) Pada ayat (2) menjadi acuan bagi seluruh penyelenggara sarana dan prasarana bidang transportasi sungai, danau, dan penyeberangan yang terdiri dari:

- a. Sumber Daya Manusia;
- b. Sarana dan /atau Prasarana;
- c. Standar Operasional Prosedur;
- d. Lingkungan.

Dalam pasal 2, dinyatakan bahwa Peraturan Menteri Perhubungan dan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan, tercantum dalam lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.

Dalam pasal 3, dinyatakan bahwa Penyelenggara prasarana dan sarana serta sumber daya manusia bidang transportasi sungai, danau dan penyeberangan yang melakukan pelanggaran terhadap pemenuhan persyaratan keselamatan transportasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 dikenakan sanksi pidana maupun administratif sesuai ketentuan peraturan perundang -undangan.

Dalam Pasal 4, dinyatakan bahwa Direktur Jenderal Perhubungan Darat melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan Peraturan ini, termasuk memberikan sanksi yang tegas terhadap setiap pelanggaran peraturan perundang-undangan dan melaporkan kepada Menteri Perhubungan.

### **2.1.3 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM.62 Tahun 2019 tentang Standar Pelayanan Minimal Angkutan Penyeberangan**

Dalam pelayanan, terdapat standar minimal dalam pelayanannya yang dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Standar Pelayanan Minimal

Jenis Pelayanan	Uraian
<b>KESELAMATAN</b>	
1. Informasi Keselamatan dan Kesehatan	a. Informasi fasilitas keselamatan paling sedikit meliputi: Alat Pemadam Ringan (APAR), Sprinkler dan Alarm pendeteksi asap, <i>Life Jacket</i> , <i>Life Bouy</i> , <i>Life Raft</i> , Sekoci, Petunjuk jalur evakuasi, titik kumpul evakuasi,
2. Fasilitas Keselamatan	
3. Fasilitas Kesehatan	

	<p>informasi fasilitas kesehatan mudah dilihat dan dibaca, Perlengkapan P3K</p> <p>b. Ketersediaan Peralatan penyelamatan darurat dalam bahaya (kebakaran, kecelakaan ataupun bencana alam)</p> <p>c. Ketersediaan fasilitas Kesehatan untuk penanganan darurat.</p>
<b>KEAMANAN</b>	
<p>1. Fasilitas keamanan</p> <p>2. Petugas Keamanan</p> <p>3. Informasi gangguan keamanan</p>	<p>a. Peralatan pencegahan tindak kriminal</p> <p>b. Berupa petugas keamanan yang memiliki sertifikasi</p> <p>c. Berupa stiker dengan nomor dan atau SMS layanan pengaduan</p>
<b>KENYAMANAN</b>	
<p>1. Ruang Penumpang</p> <p>2. Toilet</p> <p>3. Musholla</p> <p>4. Ruang Menyusui</p> <p>5. Lampu penerangan</p> <p>6. Dapur</p>	<p>a. Ruangan/tempat yang disediakan untuk penumpang (terdiri dari ruang tertutup dan atau ruangan terbuka)</p>
<b>KEMUDAHAN/KETERJANGKAUAN</b>	
<p>1. Informasi Pelayanan</p> <p>2. Fasilitas layanan penumpang</p> <p>3. Fasilitas bagasi penumpang</p> <p>4. Gang/Jalan</p>	<p>a. Informasi yang disampaikan di dalam kapal kepada pengguna jasa terbaca dan terdengar</p> <p>b. Fasilitas yang disediakan untuk memberikan informasi perjalanan</p>

5. Tangga	<p>kapal dan layanan menerima pengaduan</p> <p>c. Memberikan kemudahan kepada penumpang untuk membawa dan menempatkan barang bawaan</p> <p>d. Memberikan kemudahan akses keluar maupun masuk bagi penumpang</p> <p>e. Memberikan kemudahan akses naik/turun bagi penumpang</p>
<b>KESETARAAN</b>	
1. Fasilitas bagi penumpang berkebutuhan khusus	a. Fasilitas bagi penumpang penyandang disabilitas, manusia lanjut, anak-anak maupun ibu hamil

(Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No PM.62 Tahun 2019)

#### 2.1.4 Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia (NCVS)

Menurut Menteri Perhubungan No.KM 65 BAB IV tahun 2009 NCVS Indonesia mengenai perlengkapan pada kapal sebagai berikut:

- a. **Pelengkapan Keselamatan**  
Terdiri atas sekoci penolong, dewi-dewim sekoci penyelamat, sampan, rakit penolong kembang, pelampung, baju penolong.
- b. **Perlengkapan Komunikasi**  
Terdri dari VHF radio, telepon satelit, *single side band*, *marine* VHF radio sesuai dengan kebutuhan kapal.
- c. **Perlengkapan Medis**  
Terdiri dari Kotak P3K, dan penunjang pendukung sesuai jenis kapal.
- d. **Perlengkapan Pencegahan Tubrukan**  
Terdiri atas lampu-lampu kapal yang dipasang pada posisi yang mudah terlihat dan terpisah sekurang-kurangnya 0,9 meter dan ditempatkan pada ketinggian tidak kurang dari 4 meter di atas *hull*. Dan memiliki alat isyarat bunyi dengan batas frekuensi sebesar 250-700 Hz dan intensitas besaran suara sebesar 130 dB.

e. Perlengkapan Pemadam Kebakaran

Terdiri dari alat pemadam kebakaran jinjing yang isinya terdiri dari busa, zat kimia, CO<sub>2</sub>, bubuk kering dan ditempatkan di daerah strategis.

f. Perlengkapan Navigasi

Terdiri dari peta pelayaran, jalur perairan dunia, peta ikhtisar, peta cuaca, petunjuk pelayaran/buku kepanduan bahari, daftar suar, daftar pasang surut, daftar stasiun radio, tabel navigasi, chronometer, clinometers, stopwatch, jangka, penggaris paralel /mistar jajarg, segitiga, pensil, karet penghapus, pemberat kertas, tabel logaritma, berita pelaut Indonesia/NTM, tabel arus, daftar peta, daftar koreksi peta.

g. Perlengkapan Geladak

Terdiri atas peralatan bongkar muat, peralatan tali tambat, sarana masuk ke kapal, alat untuk melindungi kapal dan mencegah kecelakaan untuk keselamatan jiwa.

### **2.1.5 Safety of Life at Sea (SOLAS) Regulation 1947/1978**

Dalam bernavigasi, semua awak kapal wajib mematuhi peraturan internasional, pada seluruh kapal yang akan berlayar harus memiliki peralatan navigasi sebagai berikut:

- a) Peta
- b) Lampu Navigasi
- c) Kompas magnet
- d) Peralatan navigasi Lainnya
- e) Perlengkapan Radio
- f) *GMDSS (Global Maritime Distress Safety System)*
- g) *Echosounder*
- h) Radar Kapal
- i) Arpa
- j) *Engine telegraph*, telepon internal dan pengeras suara
- k) *GPS*

- l) *Automatic indication system (AIS)*
- m) *Loran*
- n) *EPIRB*

## 2.2 Danau Toba Destinasi Pariwisata Prioritas Indonesia

Danau Toba memiliki peran penting untuk menjadi salah satu sumber daya alam yang ada di Sumatera Utara. Danau Toba adalah danau yang berasal dari vulkanik tektonik. Sekitar 75.000 tahun yang lalu terjadi wabah Gunung Toba yang menyebabkan kurang lebih  $2.800 \text{ Km}^3$  magma meluncur keluar. Berdasarkan kejadian ini, terlahirlah Pulau Samosir. Danau ini terletak pada  $2^{\circ}21'32'' - 2^{\circ}56'28''$  Lintang Utara dan  $98^{\circ}26'35'' - 99^{\circ}15'40''$  Bujur Timur. Luas permukaan danau yaitu  $1.130 \text{ Km}^2$  dan luas daerah tangkapan air seluas  $3698 \text{ Km}^2$ , kedalaman 505 m, panjang 110 km, dan lebar 30 km. Volume air Danau Toba diperkirakan berjumlah 1,18 triliun  $\text{m}^3$ . Pulau Samosir mencakup area seluas  $630 \text{ km}^2$  (BPS Kabupaten Danau Toba).

Letusan Gunung Toba menjadi salah satu letusan gunung paling dahsyat selama 25 juta tahun terakhir. Debu yang dikeluarkan saat letusan menyebar hingga jatuh ke seluruh India dengan tebal mencapai 15 cm. Suhu bumi juga mengalami penurunan selama bertahun-tahun karena tertutup oleh debu, suhu  $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$  menjadi penyebab dianggapnya terjadinya zaman es.



(Sumber: *sumut.inews.id*)

Gambar 2.1 Danau Toba

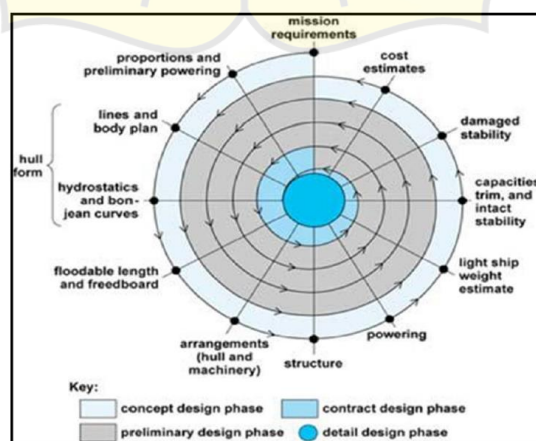
Peristiwa yang terjadi menjadikan Danau Toba menjadi pemandangan terindah yang dapat dilihat pada gambar 2.1. Potensi yang dimiliki Danau Toba sebagai objek wisata alam sangat besar. Hampir seluruh daerah memiliki keindahan yang luar biasa. Banyak sisi misteri yang belum terpecahkan di Danau Toba.

Karena potensinya yang unik, kawasan Danau Toba disahkan menjadi salah satu destinasi prioritas oleh Indonesia.

Dengan disahkannya Danau Toba sebagai destinasi wisata prioritas Indonesia, kedatangan wisata mancanegara menjadi sangat menguntungkan bagi negara Indonesia. Diantara sepuluh besar pasar wisata mancanegara pada Desember 2020, Malaysia menjadi andalan utama jumlah wisata mancanegara yang tiba di Sumatera Utara yaitu 38,89%, kemudian disusul Singapura dan India dengan masing-masing 7,41%, Australia dan Thailand dengan masing-masing 3,70%, Mesir, Jerman, Belgia, Spanyol, dan Belanda masing-masing menyumbang 1,85%. Jumlah wisata mancanegara dari sepuluh negara tersebut menyumbang sebesar 70,37% dari total jumlah wisata mancanegara di Sumatera Utara (Dinas Pariwisata dan Kebudayaan, 2019).

### 2.3 Teori Desain Kapal

Pengerjaan mendesain suatu kapal adalah proses yang berulang, yaitu semua proses perencanaan dan analisis yang dilakukan harus secara berulang agar mendapatkan hasil yang maksimal. Proses desain kapal ini dapat dilihat pada gambar 2.2 yang merupakan gambar dari diagram desain spiral (*the spiral design*). Desain spiral dibagi menjadi 4 tahapan pengerjaan, yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*. (Watson, 1998). Namun untuk pengerjaan Tugas Akhir ini hanya menggunakan proses desain sebatas *concept design* dan *preliminary design* saja, sehingga proses desain yang akan dibahas hanya sebatas *concept design* dan *preliminary design*.



(Sumber: *Principles of Yachts Design*, 2007)

Gambar 2.2 Diagram Desain Spiral



### **2.3.1 Concept Design**

Konsep desain kapal merupakan proses lanjutan dari tahap *Owner design requirment*. Dalam pengerjaan konsep desain harus membutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) dalam proses mencari ukuran utama kapal dan karakter-karakter kapal lainnya yang memiliki tujuan untuk mendapatkan kecepatan kapal, kapasitas kapal, dan *deadweight*.

Konsep desain kapal ini dapat dilakukan menggunakan rumus pendekatan, kurva, maupun pengalaman dari arsitektur dalam membuat gambaran awal untuk mendapatkan perkiraan biaya kontruksi, biaya permesinan kapal, dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil yang akan diperoleh dari tahapan ini yaitu berupa gambar atau sketsa secara umum, baik sebagian ataupun secara lengkap.

### **2.3.2 Preliminary Design**

Tahapan setelah menyelesaikan *concept design* yaitu tahap mengerjakan *preliminary design*. *Preliminary design* merupakan proses pengerjaan teknis lanjutan untuk mendapatkan lebih banyak detail pada tahapan sebelumnya atau konsep desain. Pada desain spiral, *preliminary design* merupakan proses kedua dari desain spiral. Beberapa detail yang akan dihasilkan antara lain yaitu pendekatan yang lebih mendetail dari berat dan titik *displacement*, sarat, stabilitas, dan lain-lain.

## **2.4 Metode Desain Kapal**

Setelah semua tahap dari desain diatas sudah dilaksanakan, langkah selanjutnya pada proses pembuatan desain kapal yaitu menentukan metode yang akan digunakan pada perancangan kapal. Secara umum, metode dalam perancangan kapal dibagi beberapa bagian yaitu:

### **2.4.1 Parent Design Approach**

*Parent Design Approach* adalah salah satu metode untuk merancang sebuah kapal dengan cara mencari kapal pembanding yang memiliki karakteristik sama untuk dijadikan referensi untuk perancangan kapal. Pada tahap ini, desainer sudah memiliki beberapa referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang dan sudah terbukti secara performa. Metode ini memiliki keuntungan yaitu dapat mendesain dengan lebih cepat, karena sudah memiliki acuan dari kapal

pembandingan, sehingga tinggal merubah sedikit saja dan performa kapal sudah terbukti baik dari stabilitas, olah gerak, dan hambatannya.

#### **2.4.2 Trend Curve Design Approach**

*Trend Curve Design Approach* adalah salah satu metode statistik dengan menggunakan regresi dari beberapa kapal pembandingan untuk menentukan ukuran utama kapal. Dengan metode ini dapat menjadikan beberapa ukuran kapal pembandingan yang dikomparasi menjadi variabel yang dihubungkan, selanjutnya ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

#### **2.4.3 Iterative Design Approach**

*Iterative design* merupakan salah satu metode merancang kapal yang berdasar pada proses siklus dari *prototyping*, pengujian, dan analisa. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan hasil dari kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain kapal. Umumnya metode ini hanya digunakan oleh orang-orang yang sudah memiliki pengalaman.

#### **2.4.4 Parametric Design Approach**

*Parametric design approach* salah satu metode yang dalam merancang kapal menggunakan parameter seperti (L, B, CB, dan LCB) sebagai ukuran utama yang didapat dari hasil regresi beberapa kapal pembandingan, kemudian dihitung untuk nilai hambatannya (RT), mendesain baling-baling, memperhitungkan perkiraan daya mesin utama, perhitungan total ABK, perhitungan titik berat pada kapal, trim kapal, dan lain-lain.

#### **2.4.5 Optimation Design Approach**

*Optimation design* merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan berapa ukuran utama kapal yang optimal dengan kebutuhan mesin penggerak utamanya. Pada metode ini, untuk menemukan desain yang optimal dengan membandingkan dari minimal *economic cost* (biaya ekonomi pengeluarannya sekecil mungkin). Penilaian dari metode ini yaitu hukum fisika, kapasitas *cargo tank*, dan stabilitas.

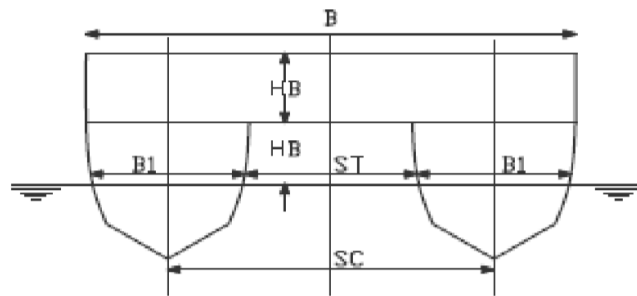
## 2.5 Tinjauan Teknis Desain Kapal

Beberapa komponen utama dalam teknis desain kapal yaitu ukuran utama kapal, hambatan kapal, perhitungan daya penggerak, perhitungan *displacement*, dan stabilitas kapal.

### 2.5.1 Ukuran Utama

Ukuran utama kapal diperoleh dari metode yang diinginkan berdasarkan pertimbangan dari berbagai macam referensi baik itu jurnal maupun referensi lainnya. Dari metode tersebut, ukuran utama yang didapatkan sebagai berikut:

1. LPP (*Length between Perpendicular*)  
Panjang kapal yang diukur antara dua garis tegak buritan dan garis tegak haluan setinggi pada garis air muat.
2. LOA (*Length Overall*)  
Panjang kapal keseluruhannya, yaitu jarak horizontal yang diukur dari titik terluar ujung buritan sampai titik terluar depan haluan.
3. B (*Breadth*)  
Lebar jarak mendatar dari gading tengah yang diukur pada bagian luar gading. (tidak termasuk tebal pelat *hull*)
4. BOA (*Breadth Overall*)  
Lebar terbesar kapal yang diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja.
5. B1 (*Breadth*)  
Lebar kapal yang diukur pada *hull* kiri dan kanan (*hull* kecil)
6. H (*Height*)  
Jarak tegak yang diukur dari bidang tengah kapal, dari atas lunas kapal sampai titik atas balok geladak sisi kapal
7. T (*Draft*)  
Jarak yang diukur dari sisi atas lunas kapal sampai ke permukaan air.



(Sumber: Irvana, 2020)

Gambar 2.3 Geometri Kapal

### 2.5.2 Gambaran Rencana Umum

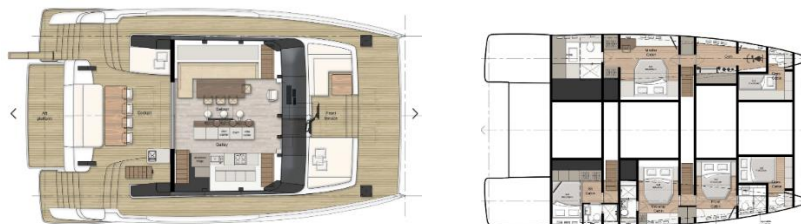
Rencana umum atau biasa disebut *general arrangement* adalah proses merencanakan ruangan atau mengatur ruangan pada kapal seefisien mungkin sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan oleh kapal rancangan. Pada gambar 2.3 merupakan contoh kapal wisata dengan lambung katamaran yang sudah menggunakan sistem panel solar.



(Sumber: sunreef-yachts-eco.com)

Gambar 2.4 Kapal Wisata Dengan Lambung Katamaran

Pada gambar 2.4 terlihat gambaran umum pada perencanaan desain kapal wisata dengan lambung katamaran yang menggunakan konsep *luxury* dengan segala fasilitas yang sangat bagus.



(Sumber: sunreef-yachts-eco.com)

Gambar 2.5 Gambaran Umum Kapal Wisata Dengan Lambung Katamaran

### 2.5.3 Hambatan

Kapal pada umumnya memiliki hambatan yang berbeda-beda. Perhitungan hambatan kapal harus diperhitungkan bertujuan untuk mendapatkan besaran daya mesin yang dibutuhkan supaya kapal dapat berjalan dengan optimal. Oleh karena itu, kapal mampu berlayar dengan kecepatan yang diinginkan oleh *owner* (*owner requirement*). Cara untuk mendapatkan nilai hambatan kapal, dapat menggunakan *software Maxsurf Resistance*. Dalam *software* ini terdapat beberapa metode yang disediakan, yaitu:

1. *Savitsky planning, Lahtiharju*

Merupakan metode yang menggunakan perhitungan hambatan kapal pada kapal cepat *planning hull* pada kondisi sebelum *planning*.

2. *Holtrop*

Merupakan metode yang menggunakan perhitungan hambatan kapal pada hampir semua jenis kapal.

3. *Van Ootmerssen*

Metode yang menggunakan perhitungan hambatan kapal pada kapal kecil seperti kapal jenis *tug boat*.

Dalam pengerjaan ini, metode yang akan digunakan untuk menghitung nilai hambatan kapal menggunakan metode *holtrop* dengan cara perhitungan empiris kemudian dibandingkan dengan *software Maxsurf Resistance*.

Penelitian menentukan tahanan kapal pada kapal ikan 5 GT yang sudah direesain menggunakan *software naval architecture* dan perhitungan tahanan kapal dilakukan dengan metode *holtrop* dimana hasil pada kecepatan 15 knots didapatkan tahanan total kapal sebesar 2,8 kN dan kebutuhan dayanya sebesar 35,7 Hp (Sarwoko & Santoso, 2019).

### 2.5.4 Komponen Berat Kapal

Komponen berat kapal terbagi menjadi dua jenis, yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). LWT merupakan berat kosong kapal yang terdiri dari berat konstruksi, peralatan dan perlengkapan, dan berat permesinan. Sedangkan DWT merupakan berat muatan yang diangkut oleh kapal yang terdiri dari berat bahan bakar, air tawar, pelumas, *provision*, kru dan penumpang. Untuk

perhitungan DWT dilakukan dengan perhitungan satu kali perjalanan *round trip*. (Arfina, 2021).

### 2.5.5 Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal merupakan kondisi dimana kapal dapat kembali ke posisi semula saat mengalami olaeng ke kiri atau pun ke kanan saat terkena gelombang air. Adapun beberapa hal dalam stabilitas kapal yang harus diketahui, antara lain:

- Titik G (*gravity*) yaitu titik berat kapal.
- Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup air.
- Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

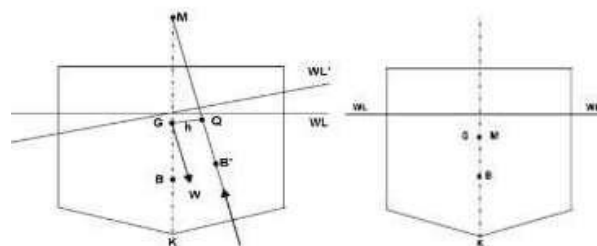
Kapal yang sudah dirancang harus dapat dibuktikan secara teoritis yang sudah diatur dengan memenuhi standar keselamatan pelayaran yaitu *Safety of Life at Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO). Adapun pengecekan menggunakan rumus stabilitas [IMO regulation A. 749(18)].

Salah satu penelitian telah melakukan *remodeling* modifikasi kapal ikan menjadi bentuk lambung katamaran yang memiliki permukaan *deck* yang lebih luas dan mempunyai tingkat keselamatan yang baik. Penelitian tersebut menganalisa menggunakan *software maxsurf* dan mendapatkan hasil *GM* aktual berada di atas *GM* minimum sedangkan nilai *GZ* maksimum aktual terjadi di  $10^\circ$  dan hasil memenuhi kriteria regulasi IMO A. 749 bagian 3. (Alamsyah, Setiawan, & D. C, 2020)

Pada gambar 2.3 ditampilkan kondisi saat kapal tidak stabil dan stabil.

(a) Kapal Tidak Stabil

(b) Kapal Stabil



(Sumber: Santoso dkk, 2016)

Gambar 2.6 Stabilitas Kapal

## 2.6 Seakeeping

*Seakeeping* merupakan pergerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar seperti kondisi air laut. *Seakeeping* dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. *Heaving*

*Heaving* merupakan pergerakan pada kapal ketika sejajar dengan sumbu Z dan ketika terjadi *heaving*, kapal mengalami naik turun secara vertikal.

2. *Pitching*

*Pitching* merupakan pergerakan pada kapal ketika memutar sumbu Y, saat terjadi *pitching*, kapal akan mengalami perubahan *trim* bagian *bow* dan *stern* secara bergantian.

3. *Rolling*

*Rolling* merupakan pergerakan kapal ketika mengelilingi sumbu X, saat terjadi *rolling* pada bagian sisi kanan kapal bergerak ke sebelah bagian sisi kiri kapal yang terulang secara bergantian. (Manik, 2007)

Arah gelombang pada *seakeeping* dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. *Head sea*

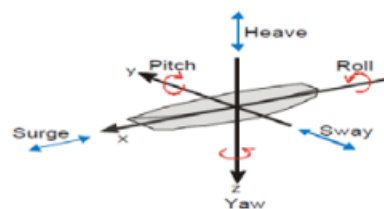
*Head sea* kondisi gelombang yang berasal dari depan dan biasa sudut yang digunakan yaitu  $180^\circ$

2. *Following sea*

*Following sea* kondisi gelombang yang berasal dari belakang dan biasa sudut yang digunakan yaitu  $0^\circ$

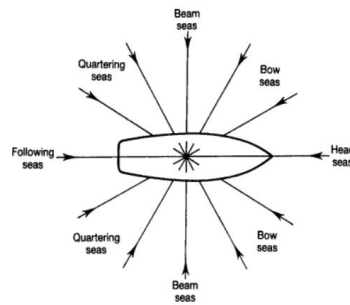
3. *Beam sea*

*Beam sea* kondisi gelombang yang berasal dari samping dan biasa sudut yang digunakan yaitu  $90^\circ$  (Agus, 2017)



(Sumber: Nanang dkk, 2015)

Gambar 2.7 Gerakan Kapal



(Sumber: sciencedirect.com)

Gambar 2.8 Arah Gelombang

## 2.7 Deck Wetness

*Deck wetness* merupakan kondisi dimana gelombang air yang besar dimana dapat menyebabkan air masuk ke geladak kapal. Hal ini berhubungan dengan keselamatan kapal dan kenyamanan penumpang dimana semakin besar gelombang, semakin besar pula ombak yang naik.

Terdapat dua cara untuk mengurangi kondisi dari *deck wetness* yaitu dengan menaikkan *freeboard* dan merancang *forecastle deck* dengan memiliki *camber* yang memadai untuk memecah ombak. (Fajar, 2017)

## 2.8 Kapal Cepat (*High Speed Craft*)

Kapal cepat atau *high speed craft* adalah jenis kapal yang dirancang untuk memiliki kecepatan pergerakan yang tinggi dengan tujuan komersil. *hydrofoils* atau *hovercraft* adalah jenis kapal cepat pertama yang pernah dirancang, dan pada tahun 1990-an jenis kapal yang populer yaitu kapal cepat katamaran dan *monohull*. Kebanyakan kapal jenis ini memiliki fungsi sebagai kapal feri penumpang, tetapi untuk jenis lambung katamaran dan *monohull* juga bisa menjadi kapal *Ro-Ro*. (Maritime Safety Committee International Maritime Organization)

## 2.9 Yacht

*Yacht* awal pembuatannya sebagai kapal layar yang dipergunakan untuk mengantar orang-orang penting. Kapal jenis *yacht* umumnya memiliki ukuran yang bervariasi dari 6 meter sampai 30 meter bahkan lebih.

Kapal jenis ini dahulu dapat berlayar menggunakan sumber energi yang berasal dari angin dengan menyesuaikan mata angin yang berhembus sehingga kapal dapat menuju ke tempat tujuan tetapi dengan waktu tempuh yang cukup



lama. Namun, seiring perkembangan zaman, kapal jenis ini akhirnya menggunakan mesin untuk sebagai tenaga penggerak utama dalam melakukan perjalanan di laut atau samudera sehingga penumpang dapat sampai ketujuan dengan lebih cepat.

Dengan adanya transportasi pesawat terbang membuat adanya saingan bisnis dari kapal yang membuat minat penumpang untuk menaiki kapal semakin berkurang karena pesawat terbang memiliki efisiensi waktu lebih tinggi sebagai moda transportasi. Akhirnya membuat aristiek kapal melakukan inovasi supaya kapal jenis ini mendapatkan tempat tersendiri di hati para penggunanya. Apalagi dahulu para penumpang yang menaiki kapal *yacht* adalah para bangsawan atau dari golongan atas yang menginginkan fasilitas yang mewah. Maka dari itu, akhirnya kapal penumpang seperti ini dikenal dengan sebutan kapal pesiar atau *luxury yacht*.

Perbedaan yang bisa terlihat dari jenis *luxury yacht* dengan kapal penumpang lainnya yaitu penumpang kapal dapat berlayar menghabiskan waktu luang dengan menikmati berbagai macam fasilitas yang ada di atas kapal, seperti kolam renang, bar, arena bermain, arena olahraga, arena kasino, arena pertunjukan hiburan, *jetsky*, *diving*, serta balkon yang dapat digunakan untuk duduk santai sambil menikmati pemandangan atau berjemur. (Nugraha Y. A., 2017).

## 2.10 Kapal Katamaran

Kapal katamaran adalah kapal dengan jenis *multi-hull* atau dua lambung (*demihull*) yang dihubungkan oleh struktur jembatan. Menggunakan struktur jembatan dapat menguntungkan untuk kapal katamaran karena akan menambah tinggi *freeboard* sehingga memungkinkan *deck* akan tidak kebasahan.

Kapal jenis katamaran dirancang dengan desain *hull* kembar, sehingga kedua *hull* disatukan dengan konstruksi *deck* yang kuat dan kokoh sehingga atasnya dapat menahan momen lentur dan gaya geser yang besar serta bekerja melawan garis tengah *line* kapal.

Katamaran memiliki keunggulan dibandingkan kapal *monohull*, yaitu kapal katamaran cocok digunakan di perairan dangkal dan lebih stabil dibanding *monohull*. Karena memiliki kestabilan yang sangat baik, membuat para desainer dan arsitek kapal banyak yang tertarik untuk membuat jenis kapal katamaran sebagai kapal militer, *fast ferry*, ataupun *Ro-Ro*. Pada sudut pandang umum, kapal jenis katamaran memiliki keuntungan lain dibandingkan kapal *monohull* dari segi

hambatan dan kapasitas muatan. Terbukti oleh kapal jenis katamaran dengan *displacement* yang sama, kapal jenis katamaran menghasilkan hambatan 20% lebih kecil dibandingkan dengan kapal jenis *monohull*. (Insel & Molland, 1990)

## 2.11 *Renewable Energy*

*Renewable energy* atau yang disebut energi terbarukan adalah energi yang sumbernya dapat habis secara alamiah. Energi terbarukan memiliki berbagai macam elemen-elemen yang ada di bumi dan dengan jumlah ketersediaan yang besar, seperti: matahari, angin, sungai, dsb. Energi terbarukan menjadi sumber energi yang tidak memiliki hasil pembuangan yang tersedia di bumi.

Ada berbagai macam energi terbarukan, tetapi ada beberapa energi terbarukan yang tidak dapat digunakan di wilayah Indonesia. Tenaga surya, tenaga angin, biomassa, dan tenaga air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di wilayah Indonesia. Adapun contoh dari *renewable energy* yaitu Panel Surya (Pratama, 2020).

- Panel Surya (*Panel Surya*)

Panel surya atau *Panel Surya* digunakan untuk mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) merupakan salah satu pembangkit listrik yang sumber energinya berasal sinar matahari melalui sel surya untuk mengubah radiasi dari sinar matahari menjadi energi listrik. Struktur dari sel surya terdiri dari dua lapisan semi konduktor dengan muatan berbeda. Lapisan sel surya yang bermuatan positif berada pada lapisan bawah, dan untuk lapisan negatif berada pada lapisan atas. Sel-sel tersebut dipasang dengan posisi sejajar dan seri dalam sebuah panel yang terbuat dari bahan aluminium ataupun baja ringan anti karat yang dilindungi oleh kaca atau plastik.

Terdapat 3 jenis panel surya yang umum digunakan, yaitu:

- a. *Monocrystalline Silicon*

Panel surya jenis ini memiliki tingkat efisiensi paling tinggi dengan teknologi terkini tetapi biaya produksi yang sangat mahal.

- b. *Polycrystalline*

Panel surya jenis ini memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran dan memiliki tingkat efisiensi lebih rendah daripada jenis monokristal.

c. *Thin Film Solar Cell*

Panel surya ini mempunyai opsi yang paling menjanjikan secara substansial karena dapat mengurangi biaya *photovoltaic* sistem. Penggunaan jenis ini merupakan penggunaan paling banyak yang digunakan untuk saat ini. (Pratama, 2020)

Optimasi penggunaan panel surya untuk kapal didapatkan jenis *photovoltaic* tipe thin-thickness *film* karena berat yang lebih ringan dan efisiensi yang lebih tinggi dibanding jenis yang lain. *photovoltaic* tipe thin-thickness *film* memiliki daya 100 wp dan memiliki efisiensi sebesar 17%. (Pratama, 2020)

## 2.12 *Electric Motor*

Harga bahan bakar minyak setiap hari mengalami inflasi, serta jumlah ketersediaan dari bahan bakar fosil yang semakin berkurang, membuat masyarakat di Indonesia menjadi kesulitan. Hal tersebut terjadi karena sebagian masyarakat Indonesia masih menggunakan bahan bakar minyak sebagai bahan bakar utama.

Dengan demikian, perlu adanya suatu terobosan untuk solusi bagi para pemilik kapal penyeberangan yang hanya berlayar sekitar 2-3 jam ke tempat tujuan dan bisa terlepas dari ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah dengan mengganti mesin utama atau motor penggerak kapal yang awalnya menggunakan bahan bakar diesel dapat diganti dengan motor listrik. Motor listrik bisa berupa motor DC, yang sumber energinya *disupply* dari baterai. Namun dari penggunaan motor listrik, memiliki beberapa permasalahan. Salah satunya baterai memiliki sumber energi yang kapasitasnya sangat terbatas, sehingga penggunaan baterai yang banyak mempengaruhi jumlah kebutuhannya. (Muhammad Musta'in, dkk. 2009)

Motor listrik merupakan alat komponen dari perangkat elektromagnetis yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak (mekanik). Penggunaan energi mekanik dapat kita jumpai pada kehidupan sehari-hari seperti digunakan untuk menggerakkan kompresor, memutar *fan* atau *blower*, bor listrik, dan kipas angin. Motor listrik di dunia industri sering juga disebut dengan istilah “kuda kerja” nya

industri, sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. (Hasbullah, 2009)

Pada rancangan kapal ini menggunakan baterai sebagai sumber listrik penggerak motor. Penggunaan motor penggerak listrik tentunya memiliki keunggulan, diantaranya adalah:

1. *Non* polusi udara dan tanpa asap
2. Perawatan yang cukup mudah
3. *Cost* lebih hemat untuk jangka panjang
4. Tidak berisik

Konsep kerja motor listrik yaitu dari sumber energi baterai menghasilkan arus listrik searah (DC) dan disalurkan kepada motor *brushless* DC untuk dapat menghasilkan gerak mekanis memutar hasil interaksi listrik dan magnet. (Noviawan, I., 2016).

### **2.13 Baterai**

Baterai merupakan salah satu komponen terpenting dari kelistrikan. Baterai harus dapat bekerja beberapa jam secara terus menerus sesuai dengan kebutuhan. Secara umum, ada dua jenis baterai tergantung pada apakah mereka dapat diisi atau tidak. Dalam desain kali ini, listrik yang diusulkan dalam sistem propulsi baterai isi ulang harus digunakan. Untuk menghemat *cost* dalam keseluruhan. Ada beberapa jenis baterai isi ulang seperti *Lead Acid*, baterai NiCd, dan baterai *Lithium-Ion* adalah yang paling luar biasa. (Bigorra, 2018)

#### **2.13.1 Macam-Macam Baterai**

Ada beberapa jenis baterai yang menggunakan sistem isi ulang, seperti yang dijelaskan dibawah ini.

##### **a. Baterai *Lead Acid***

Baterai *Lead Acid* merupakan jenis baterai isi ulang tertua dan ditemukan pada tahun 1849. Meskipun memiliki energi kepada berat yang sangat rendah dan energi kepada volume yang rendah, jenis baterai ini memiliki kemampuan untuk memasok arus lonjakan tinggi yang berarti bahwa sel memiliki rasio daya-terhadap-berat yang relatif besar. Memimpin baterai asam biasa digunakan juga dalam industri otomotif dan angkatan laut untuk menyediakan energi yang diperlukan

pada motor starter. Ada juga tipe dasar baterai *Lead Acid*: dibanjiri baterai, baterai tiker kaca diserap (AGM) dan baterai gel. Kelebihan dan kekurangan dari baterai *Lead Acid* dapat dilihat pada tabel pada 2.2

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Baterai *Lead Acid*

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Murah dan sederhana untuk pembuatan.</li><li>▪ Debit diri rendah.</li><li>▪ Kekuatan spesifik yang tinggi.</li><li>▪ Suhu rendah dan tinggi yang baik dipertunjukkan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Energi spesifik rendah.</li><li>▪ Pengisian lambat.</li><li>▪ Harus disimpan dalam kondisi terisi daya untuk mencegah sulfasi.</li><li>▪ Hidup siklus terbatas.</li><li>▪ Jenis banjir membutuhkan penyiraman.</li><li>▪ Pembatasan transportasi pada banjir.</li><li>▪ Tidak ramah lingkungan.</li></ul>

(Sumber: Bigorra, 2018)

b. Baterai *Nickel-Cadmium* (NiCd)

Baterai NiCd ditemukan pada tahun 1899 dan nikel oksida hidrosida serta logam kadmium digunakan sebagai elektroda. Baterai jenis ini lebih rumit untuk diisi daripada *Lithium-Ion* dan *Lead Acid*. Baterai ini berbasis nikel mengisi daya dengan arus konstan tetapi *voltase* dibiarkan naik dengan bebas. Selama bertahun-tahun, NiCd menjadi pilihan baterai yang disukai untuk penggunaan dua arah radio, peralatan medis darurat, kamera video profesional. Kelebihan dan kekurangan dari baterai NiCd dapat dilihat pada tabel 2.3 (Bigorra, 2018)

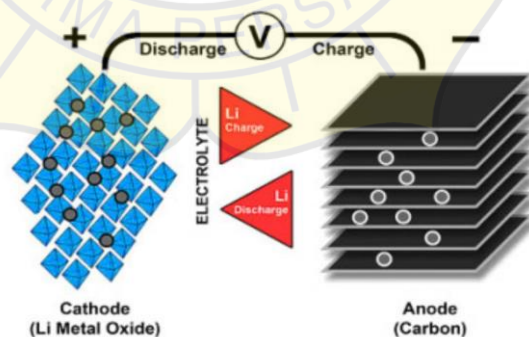
Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Baterai NiCd

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kasar, jumlah siklus tinggi dengan tepat pemeliharaan.</li> <li>▪ satu-satunya jenis baterai yang bisa ultra-fast diisi dengan sedikit stres.</li> <li>▪ Kinerja beban yang baik.</li> <li>▪ Masa pakai yang lama (dapat disimpan dalam keadaan habis).</li> <li>▪ Kinerja suhu rendah yang baik.</li> <li>▪ Dihargai secara ekonomis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energi spesifik relatif rendah (jika kita bandingkan dengan sistem yang lebih baru).</li> <li>▪ Perlu debit penuh secara berkala.</li> <li>▪ Kadmium adalah logam beracun.</li> </ul>

(Sumber: Bigorra, 2018)

c. Baterai *Lithium-Ion*

Bagian umum baterai *Lithium-Ion* adalah katoda (elektroda positif), anoda (elektroda negatif) dan elektrolit (sebagai konduktor). Pada gambar 2.4 selama pelepasan ion mengalir dari anoda ke katoda melalui elektrolit dan separator. Dalam kasus muatan, itu membalikkan arah dan ion mengalir dari katoda ke anoda.

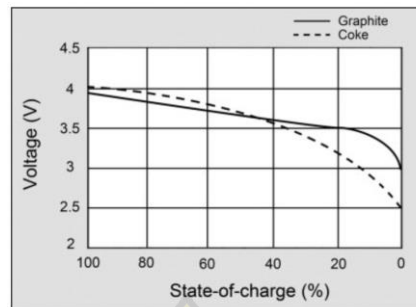


(Sumber: Bigorra, 2018)

Gambar 2.9 Dasar Pengoperasian Baterai *Lithium-Ion*

Biasa elektroda negatif sel *Lithium-Ion* terbuat dari karbon dan elektroda positif elektroda biasanya terbuat dari oksida logam. *Lithium* merupakan yang paling ringan dari semua jenis logam, memiliki potensi elektrokimia terbesar dan

memberikan energi spesifik terbesar per berat. Kunci energi spesifik yang unggul adalah sel tinggi *voltase*. Kurva debit menawarkan pemanfaatan energi yang tersimpan secara efisien dalam spektrum tegangan dari sekitar 4 V/sel menjadi 2,8 V/sel.



(Sumber: Bigorra, 2018)

Gambar 2.10 Voltage vs state-of-charge

Melihat kualitas baterai *Lithium-Ion* yang luar biasa ini, baterai jenis ini biasa digunakan pada perangkat portabel (ponsel), perkakas listrik (sander, gergaji, dll), dan kendaraan listrik. Kelebihan dan kekurangan baterai *Lithium-Ion* dapat dilihat pada tabel 2.4 (Bigorra, 2018)

Tabel 2.4 Kelebihan dan Kekurangan Baterai *Lithium-Ion*

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Memiliki energi spesifik yang tinggi dan beban yang tinggi kemampuan dengan daya.</li> <li>▪ Siklus panjang dan memperpanjang umur simpan.</li> <li>▪ Bebas perawatan.</li> <li>▪ Waktu pengisian yang cukup singkat.</li> <li>▪ Debit diri rendah dan dihargai secara ekonomis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Membutuhkan sirkuit perlindungan untuk mencegah pelarian termal jika stres.</li> <li>▪ Menurun pada suhu tinggi dan ketika menyimpan tegangan tinggi.</li> </ul>

(Sumber: Bigorra, 2018)

### 2.13.2 Aplikasi Teknologi Baterai di Kendaraan

Teknologi baterai sering diterapkan di industri otomotif. Bahkan, aplikasi dari baterai isi ulang di mobil adalah tipikal dan bervariasi. Selain itu, kita dapat melihat bahwa sistem propulsi mobil mirip (dalam banyak hal) dengan sistem propulsi perahu. Berbagai jenis sistem propulsi mobil ada saat ini. Ini dibagi menjadi: konvensional, mulai dan *stop*, *micro-hybrid*, *hybrid* dan *plug-in* dan mobil listrik. Mobil konvensional hanya menggunakan baterai untuk menghidupkan mesin, biasanya menggunakan baterai penyalan (SLI) yang dapat memberikan yang diperlukan puncak energi. Mulai dan berhenti adalah sistem yang secara otomatis mematikan dan memulai ulang mesin pembakaran internal untuk mengurangi emisi motor, baterai paling umum di mobil yang menggabungkan sistem ini adalah baterai yang dibanjiri (EFB) dan kaca yang diserap tika baterai (AGM). Kemudian, mobil *hybrid* dan *micro-hybrid* adalah kendaraan yang ditenagai oleh motor pembakaran dan motor listrik bekerja secara koordinatif. Umumnya, baterai lithium-ion digunakan dalam sistem propulsi ini. Baterai *lithium-ion* juga digunakan oleh *plug-in* dan listrik mobil. Mobil listrik hanya digerakkan oleh motor listrik. Baterai tegangan tinggi biasanya digunakan oleh mobil listrik. (Bigorra, 2018)

### 2.14 Pelabuhan di Danau Toba

Pelabuhan atau *port* merupakan suatu daerah perairan yang terlindungi dari gelombang air dan menjadi tempat berlabuh atau bersandarnya kapal maupun kendaraan lainnya yang memiliki fungsi untuk menaikkan atau menurunkan penumpang, barang, maupun hewan yang dilengkapi juga dengan dermaga untuk tempat menambat kapal, bongkar muat barang, gudang penyimpanan barang. Pelabuhan juga sebagai pintu gerbang penghubung antara pulau-pulau bahkan benua maupun antar negara. (Triatmodjo, 1996)

Di Danau Toba terdapat 11 Pelabuhan yang masih berfungsi sebagai fasilitas penunjang penyeberangan dan pariwisata, yaitu:

1. Pelabuhan Tigaraja
2. Pelabuhan Ferry Ajibata
3. Pelabuhan Simanindo



4. Pelabuhan KMP Ferry Tomok
5. Pelabuhan Penyeberangan Balige
6. Pelabuhan Parapat
7. Pelabuhan Tigaras
8. Pelabuhan Ferry Sipinggaan-Muara
9. Dermaga Tamba
10. Pelabuhan Ferry Ambarita
11. Pelabuhan Nainggolan



(Sumber: palapapos.co.id)

Gambar 2.11 Pelabuhan Penyeberangan Ajibata



(Sumber: shipsapp.co.id)

Gambar 2.12 Pelabuhan Penyeberangan Tomok