

STUDI *HULL FORM* KAPAL BARANG-PENUMPANG TRADISIONAL DI DANAU TOBA SUMATERA UTARA

Parlindungan Manik, Eko Sasmito Hadi
Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

ABSTRACT

This thesis concerns to the study of traditional cargo-passenger ship's hull in Danau Toba, North Sumatera. Most of the ship in that territory is built in a traditional method by the community near the lake and with the descending ancient method for years. The re-drawing process of the ship is using Delftship software. As a result of this study report, this software could give the data of hydrostatic, resistance, stability and the rolling period and also the ship moving in water. This information could be used as a suggestion to make the mutual standard of the ship's body form which is appropriate to the condition in Danau Toba.

According to the calculation and analysis by using Delftship software, it could give the result that suitable with the main dimension ratio of KM. Horas Ronita Nainggolan. KM. Horas Ronita Nainggolan is classified as a harbor tug boat based on her main dimension. She has the maximum speed at 8,7 Knots, there is increased ship resistance for 0,02025 % KN at 8 Knots. In the rain condition, she is not really good in stability with the passengers and freights are near the fore peak of the ship (the position of the ship is almost in even keel), but she has a better stability in sunny weather. At the ship moving case, the greatest heaving motion is responded by the ship in the condition of slight water wave heading 135°, greatest pitching motion is responded by the ship in the condition of water wave heading 45°, and the greatest rolling motion is responded by the ship in the condition slight water wave heading 45°

Keyword : Ship performance, hull form, Lake Toba, resistance, stability, ship moving

Pendahuluan

kapal danau yang beroperasi pada suatu daerah di Indonesia harus dirancang atau dibangun sesuai dengan kondisi daerah yang ada, sehingga dari aspek teknis dan ekonomis diperoleh efisiensi dan efektifitas yang tinggi. Secara umum sarana angkutan danau yang beroperasi pada daerah-daerah di Indonesia seperti di Pulau Danau Toba adalah kapal kayu. kapal kayu yang dioperasikan masih banyak yang dibangun secara tradisional oleh para penduduk disekitar danau dengan keahlian diperoleh secara turun temurun. Pembuatan kapal tidak dilakukan melalui proses rancang bangun yang bersifat ilmiah mulai dari sisi disain konstruksi, proses pemilihan material dan langkah pembuatan kapal.

Kapal kayu tersebut tidak hanya mempertimbangkan seberapa banyak hasil alam, dan penumpang yang diangkut, serta faktor ekonomis lainnya. Akan tetapi juga mempertimbangkan faktor keselamatan. Sering terjadi kecelakaan kapal di Danau Toba, penyebab terjadinya kecelakaan sering mengarah kepada faktor mistik dari alam Danau Toba. Tetapi pada kenyataannya para penduduk belum mempunyai pengetahuan tentang faktor keselamatan pada kapal .

Dalam kaitannya mengenai permasalahan kapal kayu diatas, maka perlu adanya studi Karakteristik *Hull Form* Kapal Barang-Penumpang Tradisional Di Danau Toba Sumatera Utara.

Perumusan Masalah

Kapal kayu barang-penumpang tradisional di Pulau Samosir dibangun secara tradisional. Dalam pembangunan kapal perlu adanya suatu ketentuan yang harus dipakai sebagai dasar keselamatan pada kapal setelah dibangun. Oleh karena itu perlu melakukan penelitian dengan studi *Hull Form* Kapal Barang-Penumpang Tradisional Di Danau Toba Sumatera Utara untuk mengetahui karakteristik kapal yang sudah ada.

Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian untuk mengetahui karakteristik Kapal Barang Dan Angkutan Tradisional Di Danau Toba Sumatera Utara, yaitu: Mengetahui karakteristik hidrostatis kapal, Stabilitas dan periode oleng kapal, Hambatan kapal, dan *Seakeeping performance* (*heaving, pitching, rolling*).

Batasan Permasalahan

Karakteristik kapal yang diteliti adalah kapal Barang-Penumpang Tradisional di Danau Toba-Sumatera Utara. Penelitian ini untuk mengetahui karakteristik kapal yang sudah dibangun. Penelitian ini tidak menghitung *damage stability* tetapi *intact stability*

Landasan Teori

a) Karakteristik Bentuk Lambung Kapal

Pemilik kapal biasanya memesan sebuah kapal pada perajin berdasarkan kebutuhannya. Pertimbangan yang sangat penting adalah rasio perbandingan ukuran utama. Adapun rasio perbandingan ukuran utama tersebut adalah:

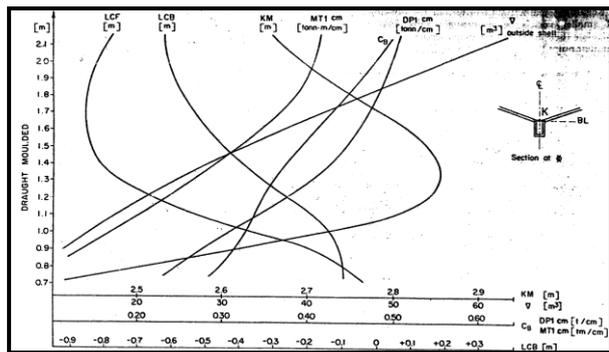
- 1) Rasio Panjang Kapal - Lebar Kapal
Perbandingan L/B yang besar terutama sesuai untuk kapal dengan kecepatan tinggi dan mempunyai perbandingan ruang yang baik akan tetapi mengurangi kemampuan olah gerak kapal dan mengurangi pula stabilitas kapal. Untuk kapal dengan panjang di bawah 30 meter,

contohnya kapal ikan, sering memakai rasio L/B sebesar 4

- 2) Rasio Tinggi Kapal - Lebar Kapal
Perbandingan nilai B/H untuk kapal besar adalah 1,5 dengan kondisi stabilitas sedang, dan nilai rasio 1,8 untuk kapal kecil dengan kondisi stabilitas yang baik
- 3) Rasio Tinggi Kapal - Tinggi Sarat Kapal
Perbandingan H/T, terutama berhubungan dengan *reserve displacement* atau daya apung cadangan. Harga H/T yang besar dapat dijumpai pada kapal penumpang
- 4) Rasio Panjang Kapal - Tinggi Kapal
Perbandingan L/H terutama mempunyai pengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal
- 5) Rasio Lebar Kapal - Tinggi Sarat Kapal
Perbandingan B/T, terutama mempunyai pengaruh pada stabilitas kapal, sebaliknya harga B/T yang rendah akan mengurangi stabilitas kapal

b) Hidrostatik Karakteristik

Kurva hidrostatik adalah kurva yang menggambarkan dari sebuah kapal mengenai sifat-sifat karakteristik badan kapal. Komponen-komponen yang terdapat pada lengkung hidrostatik adalah Fungsi lengkung hidrostatik adalah untuk mengetahui sifat-sifat badan kapal yang tercelup di dalam air, atau dengan kata lain untuk mengetahui sifat-sifat karene. Cara yang paling umum untuk menggambarkan lengkung-lengkung hidrostatik adalah dengan membuat dua sumbu saling tegak lurus. Sumbu mendatar adalah garis dasar kapal (*base-line*) sedangkan garis vertikal menunjukkan sarat tiap water line yang dipakai sebagai titik awal pengukuran lengkung-lengkung hidrostatik.



Gambar 1. Kurva Hidrostatik

Adapun kurva hidrostatik meliputi:

1) *Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)*

Lcb atau ΦB adalah jarak titik tekan bouyancy terhadap penampang midship kapal untuk setiap sarat kapal. Satuannya dalam meter. Tanda negatif (-) dan positif (+) menunjukkan letaknya ada di depan midship (+) dan di belakang midship (-).

2) *Longitudinal Center of Floatation (LCF)*

Lcf atau ΦF adalah jarak titik berat garis air terhadap penampang tengah kapal untuk setiap sarat kapal. Satuannya dalam meter. Seperti juga Lcb tanda (-) dan (+) menunjukkan bahwa titik Lcf terletak didepan dan di belakang midship.

3) *Transverse of Keel to Metacenter (TKM)*

TKM adalah letak titik metasentra melintang terhadap lunas kapal untuk tiap-tiap water line-nya. Satuannya dalam meter (m).

4) *Displacement (Δ)*

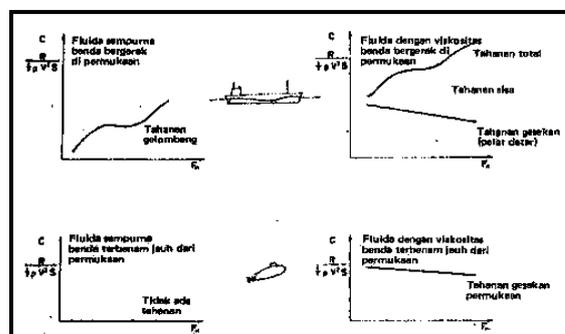
Displacement adalah berat air laut yang dipindahkan karena adanya volume badan kapal yang tercelup ke dalam air (*carene*) termasuk juga akibat tambahan adanya pelat karene. Jadi displacement di sini adalah penjumlahan dari displacement moulded dengan shell displacement.

5) *Moment to change Trim one Centimeter (MTC)*

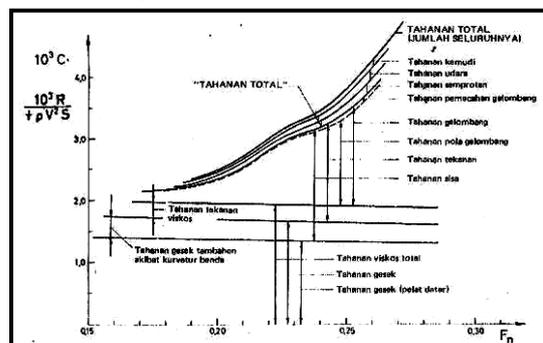
MTC adalah momen yang diperlukan untuk mengadakan trim sebesar 1 cm. Satuannya dalam Ton meter.

c) **Hambatan Kapal**

Hambatan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Hambatan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal (Harvald, 1992). Grafik-grafik dibawah ini menunjukkan beberapa kurva hambatan kapal untuk benda yang bergerak di permukaan atau jauh terbenam di dalam fluida yang sempurna dan fluida yang mempunyai viskositas:



Gambar 2. Koefisien hambatan kapal



Gambar 3. Komponen hambatan spesifik kapal

Koordinat horizontalnya adalah angka Froude (Harvald, 1992):

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g L}} \quad (1)$$

- Dimana: F_n = Angka Froude
 V = Kecepatan kapal (m/s)
 G = Percepatan gravitasi (m/s²)
 L = Panjang kapal (L_{pp}) (m)

Sedangkan ordinatnya adalah koefisien hambatan yang didefinisikan sebagai (Harvald, 1992):

$$C = \frac{R}{\rho^{1/2} V^2 S} \quad (2)$$

Dimana: C = Koefisien tahanan kapal
R = Tahanan kapal (N)
ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)
V = Kecepatan kapal (m/s)
S = Luas permukaan basah (m²)

V adalah kecepatan, L adalah panjang benda, g percepatan gravitasi, ρ massa jenis, dan S adalah luas permukaan basah benda.

Hambatan total diberi notasi R_T, dapat diuraikan menjadi sejumlah komponen yang berbeda yang diakibatkan oleh berbagai macam penyebab dan saling berinteraksi. Adapun komponen hambatan tersebut adalah (Harvald, 1992):

1) Hambatan gesek (R_F):

Hambatan gesek adalah komponen hambatan yang diperoleh dengan jalan mengintegrasikan tegangan tangensial ke seluruh permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal.

2) Hambatan sisa (R_R):

Hambatan sisa adalah kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal, suatu hambatan gesek yang merupakan hasil perhitungan yang diperoleh dengan memakai rumus khusus. Secara umum bagian yang terbesar dari hambatan sisa pada kapal niaga adalah hambatan gelombang (*wave making resistance*).

3) Hambatan viskos (R_V):

Hambatan viskos adalah komponen hambatan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat adanya pengaruh viskos.

4) Hambatan tekanan (R_P):

Hambatan tekanan adalah komponen tekanan yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan tegangan normal keseluruhan permukaan benda menurut arah gerakan benda.

5) Hambatan tekanan viskos (R_{PV}):

Hambatan tekanan viskos adalah komponen hambatan yang diperoleh dengan jalan mengintegrasikan komponen tegangan normal akibat viskositas dan turbulensi. Kuantitas ini tidak bisa langsung dikur, kecuali untuk benda yang terbenam seluruhnya, dalam hal ini sama dengan tekanan.

6) Hambatan gelombang (R_W):

Hambatan gelombang adalah komponen hambatan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan untuk menimbulkan gelombang gravitasi.

7) Hambatan pola gelombang (R_{WP}):

Komponen hambatan yang disimpulkan dari hasil pengukuran elevasi gelombang yang jauh dari kapal atau model; dalam hal ini medan kecepatan bawah permukaan (*subsurface velocity field*), yang berarti momentum fluida, dianggap dapat dikaitkan dengan pola gelombang dengan memakai yang disebut teori linier. Hambatan yang disimpulkan demikian itu tidak termasuk hambatan pemecahan gelombang (*wave breaking resistance*).

8) Hambatan pemecahan gelombang (R_{WB}):

Hambatan pemecahan gelombang adalah komponen hambatan yang terkait dengan pemecahan gelombang yang ada di buritan.

9) Hambatan semprotan (*Spray resistance*) (R_S): Hambatan semprotan adalah komponen hambatan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan untuk menimbulkan semprotan.

10) Hambatan udara (R_A) : Hambatan ini dialami oleh bagian dari badan utama kapal yang berada diatas permukaan air dan bangunan atas karena gerakan kapal yang juga menyusuri udara.

d) Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah kemampuan dari suatu benda yang melayang atau mengapung dan dimiringkan untuk kembali ke posisi semula.

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk dapat kembali ke kedudukan semula setelah mengalami olengan yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar yang mempengaruhinya.

Stabilitas adalah persyaratan utama desain setiap alat apung, tetapi untuk kapal ikan lebih penting dari yang lain karena sebuah kapal ikan harus selalu bekerja dengan beban stabilitas yang berat.

Stabilitas awal adalah stabilitas pada sudut oleng antara 10° - 15° . Stabilitas ini ditentukan oleh 3 buah titik yaitu titik berat (*center of gravity*), titik apung (*center of buoyancy*), dan titik metasentra. Adapun pengertian dari masing-masing titik tersebut adalah :

1) Titik berat (G)

menunjukkan letak titik berat kapal, merupakan titik tangkap dari sebuah titik pusat dari sebuah gaya berat yang menekan ke bawah. Besarnya nilai KG adalah nilai tinggi titik metasentra (KM) diatas lunas dikurangi tinggi metasentra (MG), dengan formula :

$$KG = KM - MG$$

KG = tinggi titik berat diatas lunas (m)

2) Titik apung (B)

menunjukkan letak titik apung kapal merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang tercelup. Titik apung diatas lunas (KB) dapat dihitung, dengan formula :

$$KB = D_x \left(\frac{C_w}{C_b} + C_b \right)$$

KB = tinggi titik apung diatas lunas (m)

D_x = sarat kapal (m)

C_w = koefisien garis air

C_b = koefisien blok

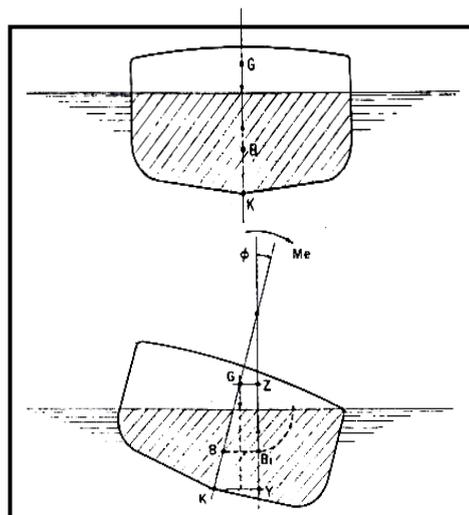
3) Titik metasentra (M)

merupakan sebuah titik semu dari batas dimana G tidak boleh melewati di atasnya agar kapal selalu mempunyai stabilitas yang positif (stabil). Dinyatakan dengan rumus

$$KM = KB + BM$$

KB = tinggi titik apung diatas lunas (m)

BM = radius metasentra



Gambar 4. Vektor gaya tekan ke atas dan gaya berat

Proses analisa stabilitas yang dilakukan oleh penulis adalah berdasarkan standar IMO (*International Maritime Organization*) Code A.749(18) Ch3-*design criteria applicable to all ships* yang mensyaratkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1) Dari sudut 0° - 30° ,

luasan dibawah kurva stabilitas statis (kurva GZ) harus tidak boleh kurang dari 3,15 m.radian.

2) Dari sudut 0° - 40° ,

luasan dibawah kurva stabilitas statis (kurva GZ) harus tidak boleh kurang dari 5,16 m.radian.

3) Dari sudut 30° - 40° ,

luasan dibawah kurva stabilitas statis (kurva GZ) harus tidak boleh kurang dari 1,719 m.radian.

4) Kurva GZ

harus sedikitnya 0,20 m pada sudut $\geq 30^{\circ}$

5) Nilai maksimum

kurva GZ tidak boleh kurang dari 25°

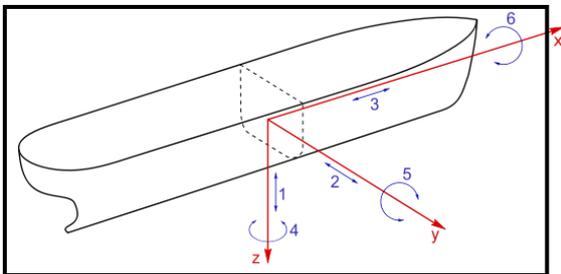
6) Tinggi metasentra GM

awal harus tidak boleh kurang dari 0,15 m

e) Gerak Kapal

Pada dasarnya kapal yang berada diatas permukaan laut akan selalu memperoleh gaya external yang menyebabkan kapal bergerak (*ship moving*). Gerakan kapal ini disebabkan adanya factor dari luar terutama oleh gelombang. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu:

- 1) Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi:
 - a) *rolling*
 - b) *pitching*
 - c) *yawing*
- 2) Gerakan *linear*, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi:
 - a) *surgin*
 - b) *swaying*
 - c) *heaving*



Gambar 5. Macam gerak kapal sesuai sumbunya

Dalam kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu *rolling*, *heaving*, *pitching*. Respon dari gerakan kapal ini meliputi:

- 1) *Added mass inertial force* adalah penambahan massa pada kapal untuk kembali pada posisi semula.
- 2) *Damping force* adalah gaya peredam yang berlawanan arah dengan arah gerak kapal yang menghasilkan pengurangan *amplitude* gerakan kapal secara berangsur-angsur.
- 3) *Restoring force*

adalah gaya untuk mengembalikan kapal ke posisi semula (*equilibrium position*). Gaya ini merupakan gaya *buoyancy* tambahan.

4) *Exciting force*

adalah gaya eksternal yang bekerja pada kapal. *Exciting force* berasal dari hasil integrasi gaya apung tambahan dan gelombang sepanjang kapal.

Metodologi Penelitian

Pengumpulan Data-data

1) Data-data primer

Data-data yang dikumpulkan antara lain meliputi :

- a) Ukuran utama kapal
- b) Ukuran dan bentuk lambung berdasarkan jumlah gading dari *body plan* kapal
- c) Kapasitas, ukuran, dan tata letak bangunan atas kapal
- d) Kapasitas, ukuran, tata letak muatan, gudang, dan ruangan lainnya
- e) Kecepatan kapal

2) Data-data sekunder

Untuk data-data yang bersifat sekunder antara lain :

- a) Nama kapal dan nama pemilik
- b) Daerah operasional
- c) Mesin utama dan daya mesin

Pengumpulan data dilakukan pendekatan dengan *perspective method* yaitu metode yang berdasarkan pemilihan sampel yang dianggap paling baik dan mewakili dalam kelas atau tipe dan ukurannya. Dalam pengambilan data, metode yang digunakan adalah metode observasi melalui pengukuran langsung disertai metode wawancara kepada pemilik kapal atau pihak terkait. Selain itu pengambilan data juga dilakukan dengan metode wawancara dengan pihak-pihak yang berkompeten untuk memperoleh data-data yang diperlukan. Untuk verifikasi data pada pengambilan data dilapangan maka setiap langkah pengambilan data dilakukan dokumentasi.

Dalam melakukan pengambilan data untuk menggambar ulang (*redrawing*) rencana garis kapal barang-penumpang tradisional di Danau Toba Sumatera Utara dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Membagi panjang kapal dari AP-FP sebanyak 38 berdasarkan jumlah gading
- 2) Memberi tanda pada lunas searah memanjang kapal sesuai pembagian gading yang telah dilakukan
- 3) Membagi midship kapal dengan 2 *buttock line* kiri dan *buttock line* kanan dari *center line* kapal
- 4) Mengukur *buttock line* untuk tiap jarak gading dengan setiap kenaikan 0.5 m



Gambar 6. Mengukur *buttock line*

- 5) Mencatat hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

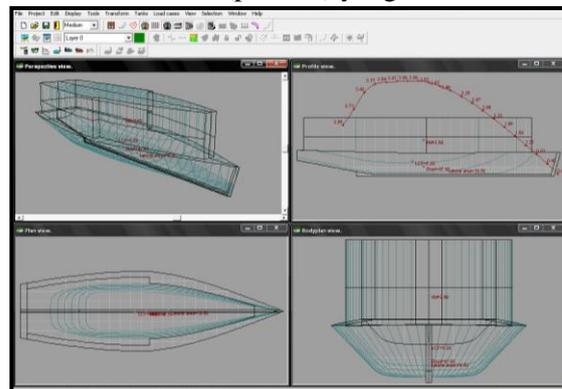
- 1) Membuat rencana garis kapal KM. Horas Ronita Nainggolan (*redrawing*) dengan memasukkan data-data pengukuran lambung kapal sesuai pembagian *buttock line* searah sumbu x, y, z menggunakan program *Delfship*. Kemudian membuat pemodelan *hull form*. *hull form* kapal tersebut diekspor ke dalam bentuk format file yang dapat dijalankan di program
- 2) Hasil gambar rencana garis pada point (1) kemudian diimpor dalam program untuk kemudian dilakukan perhitungan hidrostatis kapal. Hasil gambar kapal yang dijalankan dalam program ini

kemudian disimpan kembali kedalam bentuk format file yang dapat dijalankan di program

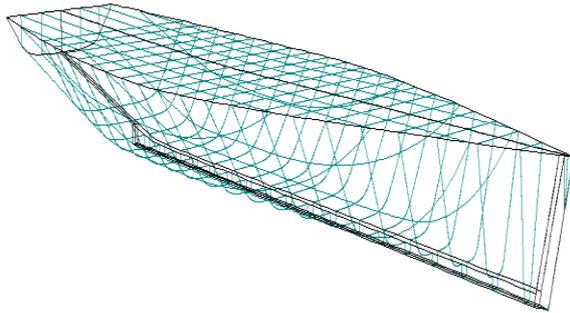
- 3) Hasil gambar rencana garis pada point (2) kemudian dijalankan untuk kemudian dilakukan perhitungan hambatan kapal
- 4) Hasil gambar rencana garis pada point (2) kemudian dijalankan di program untuk kemudian dilakukan perhitungan stabilitas kapal dengan tata letak dan kondisi (*loadcase*) yang ditentukan.
- 5) Hasil gambar rencana garis pada point (2) kemudian dijalankan di program untuk kemudian dilakukan perhitungan olah gerak kapal dengan memasukkan data tinggi gelombang yang dilalui oleh kapal
- 6) Semua hasil pengolahan data berupa gambar, grafik, serta perhitungan yang diperoleh hasil dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokan agar mudah dalam penyusunan laporan

Analisa Data

Semua hasil pengolahan data berupa gambar, grafik, serta perhitungan yang diperoleh dan telah dikelompokkan maka kemudian dilakukan proses analisa yang meliputi hidrostatis karakteristik, hambatan kapal, stabilitas kapal, olah gerak kapal. Proses analisa yang dilakukan tetap mengacu pada teori dan literatur (pustaka) yang ada.



Gambar 7. Tampilan rencana garis KM. Horas Ronita Nainggolan di program *Delfship*



Gambar 8. Model *hull form* Kapal Horas Ronita Nainggolan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi *hull form* kapal barang-penumpang tradisional di Danau Toba Sumatera Utara yaitu KM. Horas Ronita Nainggolan dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Perbandingan ukuran utama

Tabel 1 Perbandingan ukuran utama KM. Horas Ronita Nainggolan

Perbandingan Ukuran Utama Kapal	
L / B	4.45
T / B	0.17
B / H	2.74
T / H	0.47
L / H	12.18
C _b	0.44
C _m	0.68
C _w	0.72

- 2) Data hidrostatis dan equilibrium kapal KM. Horas Ronita Nainggolan adalah:

Tabel 2 Hidrostatis dan equilibrium kapal KM. Horas Ronita Nainggolan

Item	Hidrostatik	Equilibrium	Unit
LWL	16.33	19.77	m
Beam	4.44	4.44	m
Draft	0.77	0.77	m
Displacement	33.86	40.23	ton
Wetted area	75.25	82.68	m ²
Prismatic coeff.	0.64	0.56	-
Block coeff	0.44	0.34	-
Midship coeff	0.68	0.69	-
Waterplane area coeff.	0.72	0.71	-

1/2 angle of entrance	38	38	deg.
LCB from midships(+ve for'd)	-1.71	-3.04	m

- 3) Pada kecepatan maksimal kapal KM. Horas Ronita Nainggolan 8.7 knot terjadi peningkatan hambatan yang diterima kapal sebesar 0.02025% KN dari kecepatan 8 knot
- 4) Berdasarkan ketentuan yang disyaratkan oleh IMO (*International Maritime Organization*) dengan Code A.749(18) Ch3- *design criteria applicable to all ships* maka stabilitas KM. Horas Ronita Nainggolan untuk tiap kondisi adalah
 - a) Kondisi kritis, KM. Horas Ronita Nainggolan pada perairan tenang muatan penuh stabilitas kapal lebih baik dari perairan bergelombang dengan tinggi 1 m
 - b) Kondisi operasional, KM. Horas Ronita Nainggolan dalam kondisi cuaca hujan, memiliki stabilitas kurang baik pada kondisi muatan barang dan penumpang berada di depan (kapal mendekati posisi *even keel*) dibanding kondisi cuaca cerah. Stabilitas kapal yang baik pada kondisi cuaca hujan terdapat pada *load 4* dimana muatan penumpang berada di *main deck* (52 orang), penumpang *second deck* (0 orang), dan barang sebesar 9.5 ton berada di sepanjang *main deck*
 - c) Kondisi di dermaga, KM. Horas Ronita Nainggolan memiliki stabilitas kapal yang baik terdapat pada *load 2* (muatan penumpang 26 orang di *main deck*, 0 orang di *second deck*, dan barang 4.75 ton di sepanjang *main deck* berada di sebelah kiri kapal) dibanding *load 1* (muatan penumpang 26 orang di *main deck*, 34 orang di *second deck*, dan barang 4.75 ton di sepanjang *main deck* berada di sebelah kiri kapal), baik

- kapal berada di perairan tenang maupun di perairan gelombang 1m
- d) Kondisi kosong,
KM. Horas Ronita Nainggolan memiliki stabilitas yang baik pada kondisi perairan gelombang 1m dari pada kapal di perairan tenang
- 5) Olah gerak (*seakeeping performance*) kapal KM. Horas Ronita Nainggolan adalah:
- a) *Heaving motion*
terbesar yang direspon oleh kapal KM. Horas Ronita Nainggolan terjadi pada kondisi *slight water wave heading* 135° sebesar 0.216 m dengan *velocity* 0.493 m/s
- b) *Pitching motion*
terbesar yang direspon oleh kapal KM. Horas Ronita Nainggolan terjadi pada kondisi *slight water wave heading* 45° sebesar 2.35 *deg* dengan *velocity* 0.031 *deg/s*
- c) *Rolling motion*
terbesar yang direspon oleh kapal KM. Horas Ronita Nainggolan terjadi pada kondisi *slight water wave heading* 45° sebesar 6.95 *deg* dengan *velocity* 0.083 *deg/s*

- [5] Ruddianto, MT.
2000. "**Perencanaan Kapal**", Surabaya : Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya – ITS.
- [6] Fyson, J.
1985. "**Design of Small Fishing Vessels**". Fishing News Book Ltd. UK
- [7] Lloyd, A. R. J.
1909. "**Seakeeping Ship Behaviour In Rough Water**". Ellis Horwood Ltd. New York
- [8] Hind, Anthony.
1982. "**Stability And Trim Of Fishing Vessel And Other Small Ships**". Fishing News Book Ltd. England
- [9] Bhattacharyya, Rameswar.
1978. "**Dynamic Of Marine Vehicles**". Jhon Wiley & Sons. New York
- [10] F.B, Robert.
1988, "**Motion In Waves and Controllability**", Principles of Naval Architecture Volume III, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, USA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyanto, RB.
1990, "**Pengertian Dasar Besaran-Besaran Kapal**". Yearbook PI BPPT. Indonesia
- [2] Wibisono, M, S.
2005. Pengantar Ilmu Kelautan. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta
- [3] Santoso, IGM, Sudjono, YJ.
1983. Teori Bangunan Kapal 2. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Indonesia
- [4] Murtedjo.
2002. "**Tahanan dan Propulsi**". Surabaya : Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS