

STUDI PERANCANGAN KAPAL FERRY TIPE CATAMARAN 1000GT

Mardi Santoso¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email : mardisantoso@ppns.ac.id, kusuma.george@ppns.ac.id

Abstrak

Pada tahap awal desain, untuk mendapatkan desain kapal yang optimum perlu dilakukan analisa untuk menentukan parameter utama dari kapal. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap pemilihan parameter utama dari kapal ferry catamaran kelas 1000GT untuk mendapatkan desain kapal ferry yang optimal. Parameter utama kapal ditentukan dari optimasi data utama kapal yang mirip yang dijadikan acuan *set based design* untuk mendapatkan ukuran kapal kapal ferry catamaran yang diinginkan. Geometri bentuk lambung kapal kemudian dioptimalkan dan dianalisa hambatannya menggunakan metode perhitungan, simulasi dan uji tarik. Rencana umum kapal kemudian dikembangkan untuk mendapatkan penataan ruang dan penentuan kapasitas kapal yang optimum. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapal ferry catamaran 1000GT memiliki *gross tonnage* (GT) sebesar 1130GT dan *nett tonnage*(NT) 197GT. Dan daya mesin yang digunakan adalah 4 x 810 HP, untuk kecepatan dinas 15 knots.

Kata Kunci : Desain kapal, catamaran, kapal ferry, *parametric design*,

1. PENDAHULUAN

Untuk menghasilkan desain kapal yang optimum, di mana biaya pembuatan dan biaya operasi kapal minimal, maka dalam proses perancangan kapal harus melibatkan teknik optimasi dalam menentukan ukuran utama kapal. Pada umumnya proses desain kapal dilakukan dengan menentukan satu atau lebih parameter kapal (*point based design*). Selanjutnya dalam *point based design*, parameter kapal akan dianalisa menggunakan beberapa data kapal yang sudah ada yang kemudian dioptimalkan melalui suatu proses iterasi yang berulang – ulang yang biasanya menggunakan konsep desain spiral. Konsep desain menggunakan desain spiral ini telah digunakan oleh J.H Evans pada tahun 1959 untuk mendesain kapal kargo[1].

Point based design ini memiliki kekurangan, diantaranya ketika variasi parameter desain semakin banyak dan tuntutan validitas semakin tinggi maka proses iterasi bisa berulang – ulang membutuhkan waktu yang lama dan biaya tinggi sehingga tidak efisien.

Salah satu metode efektif dalam desain kapal adalah dengan menggunakan *parametric study*, yaitu suatu metode desain kapal dengan menggunakan beberapa data kapal yang sudah ada atau yang mirip sebagai dasar untuk menentukan parameter utama dari kapal yang

diinginkan meliputi ukuran utama kapal, koefisien bentuk, *displacement* maupun berat kapal. Ada banyak metode untuk mendapatkan parameter kapal yang optimum, diantaranya menggunakan regresi dari data kapal yang sudah ada (*multiple linear regression analysis*) atau dengan metode *artificial neural network* [1]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Parametric Study*

Parametric study merupakan tahapan yang ditempuh di dalam proses mendesain kapal untuk memperoleh suatu ukuran atau parameter tertentu, misalnya ukuran utama (panjang, lebar, tinggi, dan sarat), kapasitas kendaraan (*ferry*), kapasitas penumpang (*cruiser, ferry, passenger ship*), kapasitas ruang muat (*tanker, container ship, bulk carrier*), daya mesin, dan lain-lain. *Parametric study* dibagi menjadi dua jenis, umum dan khusus. Pembagian tersebut berdasarkan jenis kapal yang akan di desain.

Parametric study yang bersifat umum antara lain ukuran utama dan daya mesin, sedangkan yang bersifat khusus meliputi studi tentang jenis kapal dan keunikan atau ciri khas kapal yang akan didesain. Informasi tentang jenis kapal dapat diperoleh dari perusahaan pelayaran maupun biro klasifikasi. Data yang dikumpulkan merupakan data kapal dengan rentang panjang kapal tertentu. Pada umumnya berkisar -20% sampai +20% dari panjang kapal

yang tertera di dalam *owner requirement*. Apabila terdapat keterbatasan data dari kedua sumber tersebut, maka dapat menggunakan internet untuk mencari data yang kurang.

Setelah menentukan panjang dan lebar kapal, koefisien blok dihitung dengan menggunakan rumus empiris. Rumus tersebut dihitung dengan menggunakan asumsi *Froude number* tertentu yang berkaitan dengan kecepatan dinas kapal. Pemilihan sarat kapal juga harus mempertimbangkan sarat minimum yang disyaratkan di pelabuhan. Nilai sarat ini, bersama dengan nilai panjang, lebar, dan koefisien blok, akan memberikan *volume displacement* dan *displacement* dari kapal yang akan didesain. Pemilihan bentuk badan kapal juga perlu memperhatikan stabilitas dan karakteristik *seakeeping*. Pemilihan tinggi kapal perlu memperhatikan persyaratan lambung timbul (*freeboard*) sesuai persyaratan yang dikeluarkan otoritas wilayah setempat yang berdasar pada peraturan *International Maritime Organization (IMO)*. Selain itu juga perlu mempertimbangkan *overhead clearance* di kamar mesin untuk memastikan bahwa permesinan dapat dipasang dengan baik, misalnya mesin induk dan *gearbox*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Setelah data dikumpulkan di dalam *parametric study*, relasi antara ukuran kapal digambarkan ke dalam suatu grafik yang meliputi:

- Panjang kapal (L) versus rasio lebar dan sarat (B/T).
- Panjang kapal (L) versus rasio panjang dan lebar (B/L).
- Panjang kapal (L) versus kapasitas penumpang (*cruiser, ferry, passenger ship*).
- Panjang kapal (L) versus kapasitas kendaraan (untuk kapal ferry)
- *Froude Number* (F_n) versus koefisien blok (C_B)
- *Froude Number* (F_n) versus rasio panjang (L) dan displacement (∇)
- *Froude Number* (F_n) versus koefisien admiralty (C)

Proses penyusunan set ukuran utama kapal dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- Jumlah kapal pembanding yang diambil datanya disesuaikan dengan range panjang kapal yang telah ditentukan. Kemudian

data-data kapal pembanding tersebut dibuat grafik dengan absis L dan ordinat rasio ukuran utama kapal dan didapatkan persamaan regresinya (R^2).

- Harga R^2 harus sebesar mungkin, minimal 0,4. Untuk persamaan regresi dapat dipilih linear, kuadrat, eksponensial, log, power atau yang lainnya (d disesuaikan dengan sebaran data kapal pembanding). Untuk kapal ini tipe regresi yang
- digunakan adalah regresi linear. Adapun untuk mendapatkan harga R^2 yang besar bisa dilakukan dengan menghapus data kapal yang dapat menyebabkan harga R^2 rendah dan kemudian mengganti dengan data kapal lain sehingga mendapatkan harga R^2 yang besar. Dalam penentuan jumlah kapal pembanding tidak boleh kurang dari 15 kapal.
- Dengan membaca grafik pada L yang diminta, akan didapatkan ukuran utama yang lain.
- Angka Froude awal (F_{n0}) dihitung dari ukuran utama awal yang sudah didapatkan sebelumnya dan kecepatan dinas yang diminta oleh pemilik kapal.
- Angka Froude awal (F_{n0}) tersebut divariasikan sebanyak 4 angka Froude sehingga didapatkan 4 nilai L.
- Dari ukuran utama awal dihitung nilai L_0/B_0 yang kemudian divariasikan sebanyak 4 kali, misalnya : $L_0/B_0+16.67\%$, $L_0/B_0+16.67\%$, $L_0/B_0+16.67\%$, $L_0/B_0+16.67\%$, sehingga akhirnya untuk setiap L ada 4 nilai B atau 16 set ukuran utama.
- Dari ukuran utama awal dihitung nilai B_0/T_0 yang kemudian divariasikan sebanyak 4 kali, misalnya: $B_0/T_0-1.66\%$, $B_0/T_0+0.01\%$, $B_0/T_0+1.68\%$, $B_0/T_0+3.35\%$, sehingga akhirnya untuk setiap B ada 4 nilai atau 64 set ukuran utama.
- Dari ukuran utama awal dihitung nilai T_0/H_0 yang kemudian divariasikan sebanyak 4 kali, misalnya : $T_0/H_0-11.68\%$, $T_0/H_0+10.01\%$, $T_0/H_0-8.34\%$, $T_0/H_0-6.67\%$, sehingga akhirnya untuk setiap T ada 4 nilai atau 256 set ukuran utama.

Langkah utama yang diperlukan dalam merencanakan suatu kapal adalah dengan mencari terlebih dahulu ukuran utama kapal dari data kapal pembanding. Tabel 1 menunjukkan data kapal pembanding untuk desain kapal ferry catamaran 1000 GT dengan range ukuran utama yang mendekati.

requirement berupa GT. Adapun kapasitas

Tabel 1. Data kapal pembeding untuk desain kapal catamaran 1000GT

| NO | NAMA | LOA | LWL | B | H | T | L/B | B/T | T/H |
|----|----------------------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|
| 1 | MARINA SEGUNDA | 43.90 | 43.71 | 12.00 | 3.70 | 2.50 | 3.64 | 4.80 | 0.68 |
| 2 | MARINA TERTIERA | 45.04 | 43.71 | 12.00 | 3.60 | 2.90 | 3.64 | 4.14 | 0.81 |
| 3 | KILIMANJORO IV | 44.70 | 42.90 | 11.50 | 3.90 | 2.60 | 3.73 | 4.42 | 0.67 |
| 4 | FAST FEERIES 4212 | 42.20 | 42.00 | 11.60 | 3.80 | 1.50 | 3.62 | 7.73 | 0.39 |
| 5 | FAST FEERIES 4010 | 40.00 | 39.00 | 10.70 | 3.80 | 1.50 | 3.64 | 7.13 | 0.39 |
| 6 | KILIMANJORO I | 36.80 | 32.40 | 9.50 | 3.50 | 2.20 | 3.41 | 4.32 | 0.63 |
| 7 | KILIMANJORO II | 36.80 | 32.40 | 9.50 | 3.50 | 2.20 | 3.41 | 4.32 | 0.63 |
| 8 | KILIMANJORO III | 38.10 | 37.30 | 10.50 | 3.65 | 1.80 | 3.55 | 5.83 | 0.49 |
| 9 | IPIPIRI | 44.85 | 40.31 | 12.50 | 4.30 | 2.20 | 3.22 | 5.68 | 0.51 |
| 10 | MICAT | 57.60 | 53.40 | 16.00 | 4.10 | 1.75 | 3.34 | 9.14 | 0.43 |
| 11 | M/V K PERALTA | 35.00 | 33.00 | 10.00 | 4.20 | 2.10 | 3.30 | 4.76 | 0.50 |
| 12 | AREMITI 2 | 79.60 | 78.20 | 17.00 | 5.90 | 3.50 | 4.60 | 4.86 | 0.59 |
| 13 | CAT ROPAX 48 M | 48.80 | 48.00 | 15.00 | 3.60 | 1.50 | 3.20 | 10.00 | 0.42 |
| 14 | MV QUEENSCLIFF | 60.10 | 54.00 | 16.40 | 4.20 | 2.30 | 3.29 | 7.13 | 0.55 |
| 15 | MV SORENTO | 61.40 | 56.00 | 17.40 | 4.50 | 2.30 | 3.22 | 7.57 | 0.51 |
| 16 | MV PENTALINA | 68.90 | 65.00 | 20.00 | 5.00 | 2.50 | 3.25 | 8.00 | 0.50 |
| 17 | MV SEA SPIRIT 1 | 64.00 | 63.00 | 20.00 | 4.80 | 2.40 | 3.15 | 8.33 | 0.50 |
| 18 | SPIRIT OF KANGAROO 1 | 50.40 | 49.50 | 17.80 | 5.00 | 2.50 | 2.78 | 7.12 | 0.50 |
| 19 | AREMITI 5 | 56.60 | 49.80 | 14.00 | 5.00 | 0.90 | 3.56 | 15.56 | 0.18 |
| 20 | AUTO EXPRESS 65 | 64.80 | 61.10 | 16.50 | 6.20 | 2.10 | 3.70 | 7.86 | 0.34 |
| 21 | SEA STAR | 42.20 | 39.00 | 11.60 | 3.80 | 1.50 | 3.36 | 7.73 | 0.39 |
| 22 | KRIOLA & LIBERDADI | 45.00 | 53.00 | 12.30 | 4.90 | 1.90 | 4.31 | 6.47 | 0.39 |
| 23 | DS BETICO | 52.40 | 45.40 | 13.00 | 3.80 | 1.50 | 3.49 | 8.67 | 0.39 |
| 24 | DS MARIA DOLORES | 68.40 | 58.80 | 18.20 | 6.30 | 2.60 | 3.23 | 7.00 | 0.41 |
| 25 | DS SILVER EXPRESS | 45.24 | 40.20 | 12.30 | 4.00 | 1.80 | 3.27 | 6.83 | 0.45 |
| 26 | AUSTAL 41 | 41.20 | 38.60 | 10.90 | 4.30 | 1.98 | 3.54 | 5.51 | 0.46 |
| 27 | FARES AL SALAM | 56.00 | 49.80 | 14.00 | 5.00 | 2.70 | 3.56 | 5.19 | 0.54 |
| 28 | KMP BONTANG EXPRESS | 53.76 | 50.40 | 19.19 | 6.00 | 2.55 | 2.63 | 7.53 | 0.43 |
| 29 | CAT 1000 GT | 57.60 | 57.20 | 18.00 | 4.70 | 2.50 | 3.18 | 7.20 | 0.53 |

Dari data pada tabel 1 diatas, ukuran utama awal kemudian ditentukan dengan menggunakan metode *trend curve approach* atau regresi linear. Parameter utama dihitung berdasarkan kebutuhan kapasitas, dan dianalisa terhadap tren kapal yang sudah ada dengan mempertimbangkan efek pengaruh ukuran utama (rasio L/B, B/T dan T/H) terhadap performa kapal.

Setelah ukuran utama ditentukan maka dilakukan optimasi bentuk lambung kapal dengan menggunakan software *maxsurf* untuk mendapatkan tahanan kapal yang paling optimum.

Langkah terakhir adalah mengembangkan gambar *lines plan* dan rencana umum serta melakukan pemilihan mesin untuk desain kapal yang telah dianggap optimum tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kapasitas Kapal

Berdasarkan *owner requirement* yang diberikan yaitu GT (*Gross Tonnage*) kapal, maka desainer melakukan penerjemahan ke dalam bentuk kapasitas kendaraan dan penumpang. Penerjemahan ini didasarkan pada pengalaman desainer terhadap desain-desain kapal sebelumnya yang mengacu pada

catamaran 1000 GT hasil penerjemahan tersebut dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Kapasitas desain kapal ferry catamaran 1000GT

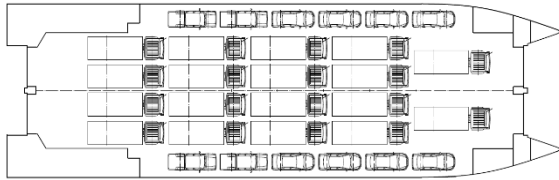
| Item | Satuan | Jumlah |
|-------------------------|--------|--------|
| Kendaraan Truk Besar | unit | 18 |
| Kendaraan Sedan/MPV | unit | 12 |
| Penumpang Ekonomi Duduk | orang | 160 |
| Penumpang Daylight | orang | 120 |
| ABK | orang | 16 |

4.2 Ukuran Utama Kapal

Berdasarkan hasil penerjemahan berupa kapasitas kendaraan, penumpang, dan jumlah ABK di atas, maka ukuran utama awal ditentukan dengan menggunakan metode *trend curve approach* atau regresi linear.

Panjang antar garis tegak (Lpp) ditentukan berdasarkan data kapal pembeding, di mana kapal dengan ukuran 1000 GT memiliki Lpp sepanjang 55.80 m

Panjang keseluruhan kapal (Loa) ditentukan berdasarkan bentuk haluan dan buritan yang direncanakan, sehingga panjang keseluruhan (Loa) untuk ukuran 1000 GT adalah 57.60 m.



Gambar 1. Konfigurasi Penempatan Kendaraan pada Kapal Ferry Catamaran 1000GT[3]

Sedangkan lebar (B) kapal ditentukan berdasarkan fungsi lebar dan jarak antar kendaraan, di mana lebar truk besar yaitu 2.425 m, lebar sedan/MPV sebesar 1.8 m, dan jarak antar kendaraan minimal 0,5m. Sehingga kapal ferry catamaran dengan ukuran 1000 GT, direncanakan konfigurasi penempatan kendaraan ditunjukkan pada Gambar 1 dimana untuk kapal dengan ukuran 1000 GT memiliki lebar sebesar 18.00 m.

Penentuan sarat (T) kapal didasarkan pada data kapal pembanding yang ada. Sarat kapal Catamaran 1000 GT ini ada dua, yaitu sarat 2.5 m untuk *optimum performance* dengan muatan standar, dan sarat konstruksi sebesar 3,2 m untuk fungsi angkut muatan berat sehingga sarat kapal bisa fleksibel

Untuk tinggi (H) kapal didasarkan pada perhitungan lambung timbul minimum dan penambahan untuk volume cadangan, di mana tinggi lambung timbul minimum dan penambahan volume cadangan untuk masing-masing ukuran kapal 1000 GT adalah 4.7 m.

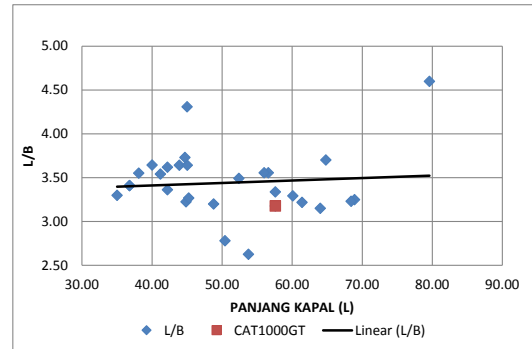
Ukuran utamasecara keseluruhan dapat dirangkum sebagai berikut :

| | |
|--------------------------|-----------|
| Panjang Seluruhnya (Loa) | : 57.60 m |
| Panjang A.G.T. (Lpp) | : 55.80 m |
| Lebar (B) | : 18.00 m |
| Tinggi (H) | : 4.70 m |
| Sarat (T) | : 2.50 m |

4.3 Regresi Data Kapal

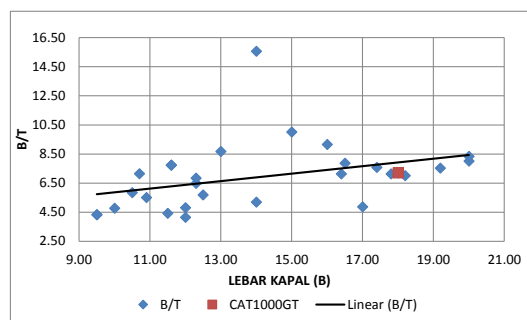
Data-data kapal review, kapal eksis serta data kapal pembanding yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisa statistik menggunakan metode *trend curve approach*. Langkah pertama, plot data panjang kapal (L) terhadap rasio lebar dan pajang kapal (L/B), serta rasio lebar dan sarat kapal (B/T) yang kemudian diregresi secara linear sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2 dan 3. Gambar 2 dan 3 menunjukan rasio L/B dan B/T dari berbagai kapal yang dimensinya mirip dengan kapal catamaran 1000GT pada tabel 2. Dua rasio ini

memang paling banyak berguna untuk penentuan parameter utama kapal [1].



Gambar 2. Grafik rasio panjang dan lebar kapal (L/B) terhadap panjang kapal

Nilai rasio L/B akan memberikan pengaruh terhadap tahanan kapal dan kemampuan maneuver kapal. Panjang kapal sangat menentukan kapasitas muatan dan biaya pembuatan kapal, sementara lebar kapal sangat menentukan besarnya tahanan kapal. Bisa dipahami bahwa nilai rasio L/B yang kecil maka kapal akan ramping dan tahanannya kecil. Namun tidak seperti kapal *monohull*, kapal catamaran memiliki dua lambung dengan jarak antara, sehingga memiliki nilai rasio L/B yang besar. Dari trend grafik pada gambar 2 diatas, kapal catamaran 1000GT memiliki nilai rasio L/B yang sedikit lebih kecil dari nilai rasio L/B rata – rata kapal pembanding. Nilai L/B kapal catamaran 1000GT ini adalah 3,18 merupakan suatu paduan antara panjang kapal 57,60 m dan lebar kapal yang signifikan 18 m, sehingga



didapatkan suatu compromise tahanan kapal yang moderat untuk payload yang tinggi.

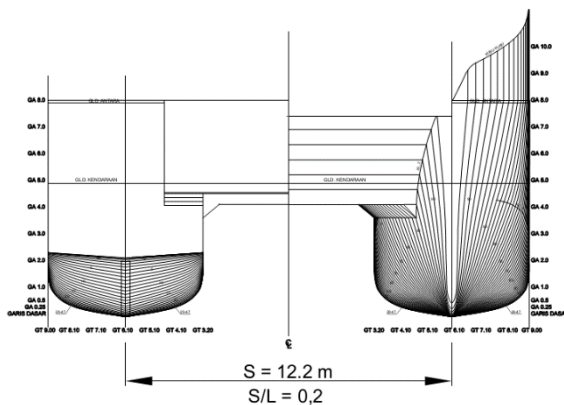
Gambar 3. Grafik rasio lebar dan sarat kapal (B/T) terhadap lebar kapal

Sementara itu nilai raso B/T kapal catamaran 1000GT adalah 7,20 sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3. Nilai rasio B/T memiliki pengaruh utama terhadap stabilitas kapal, luas permukaan basah dan tahanan tambahan, dimana semakin besar nilai B/T

maka nilai stabilitas kapal akan semakin baik namun akan meningkatkan luas permukaan basah dan tahanan tambahan kapal. Dengan pertimbangan untuk mempertahankan tahanan kapal sekecil mungkin maka nilai rasio B/T kapal catamaran 1000GT dipilih sedikit lebih kecil dari rata – rata kapal pembanding.

4.4 Konfigurasi Lambung Catamaran

Parameter yang terpenting dalam melakukan perancangan kapal Catamaran adalah konfigurasi lambung lambung kapal. Hal ini dikarenakan besarnya hambatan yang dihasilkan oleh kapal catamaran terutama hambatan gelombang sangat dipengaruhi oleh konfigurasi tersebut. Konfigurasi yang dimaksud yaitu jarak demihull. Konfigurasi ini biasanya dikenal dengan istilah *separation to*



length ratio (S/L).

Gambar 4. Body plan kapal catamaran 1000GT

Kajian tentang S/L telah banyak dilakukan, dimana salah satunya dilakukan oleh Insel (1991). Hasil kajian yang dilakukan oleh Insel menunjukkan bahwa semakin besar jarak S/L, maka hambatan gelombang yang dihasilkan akan semakin kecil. Namun pada kecepatan kapal yang rendah atau Fn yang kecil, pengaruh S/L tidak terlalu signifikan[4].

Hal yang sama juga telah dibuktikan oleh Zaghi, dkk (2010), dimana berbagai ukuran kapal catamaran dengan rasio S/L antara 0.17 sampai dengan 0.3 dan diuji tahanannya pada angka froude 0.2 sampai 0.8. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin kecil jarak antar lambung maka pengaruh gangguan (*interference*) gelombang dari kedua lambung semakin besar. Namun pada angka froude yang kecil efek gangguan gelombang terhadap tahanan kapal juga semakin kecil[5].

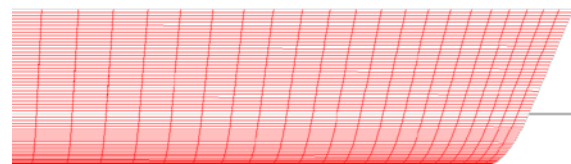
Untuk kapal ferry catamaran 1000GT ini ditentukan nilai S/L adalah 0.2 dan nilai angka

froude sebesar 0.36. Gambar 4 menunjukkan body plan kapal ferry catamaran 1000GT dengan jarak antar lambung sebesar 12,2 meter, sehingga nilai rasio S/L sebesar 0.2.

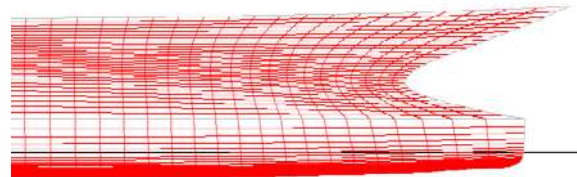
4.5 Optimasi Bentuk Haluan

Terkait dengan bentuk haluan kapal, terdapat 2 (dua) bentuk haluan yang signifikan yaitu haluan normal dan haluan yang dilengkapi dengan *bulbousbow*. Gambar 5 dan 6 menunjukkan haluan kapal catamaran dengan bentuk haluan normal dan haluan dengan *bulbous bow*.

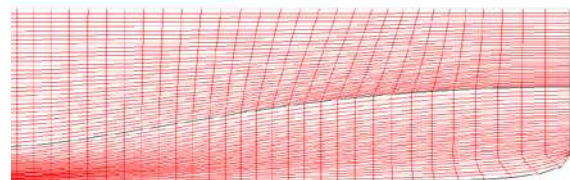
Kajian telah dilakukan oleh Danismen dkk[6], di mana pada kajian tersebut dilakukan perbandingan bentuk haluan kapal catamaran dengan menggunakan *bulbousbow* (original) dan bentuk haluan normal hasil optimasi tanpa *bulbousbow* (gambar 7).



Gambar 5. Bentuk haluan normal



Gambar 6. Bentuk haluan dengan bulb pada *wave piercing catamaran*



Gambar 7. Bentuk haluan *axe bow* catamaran.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kapal dengan bentuk haluan yang dioptimasi menghasilkan hambatan yang lebih kecil untuk kecepatan di atas 13.5 knot. Namun jika kapal catamaran tersebut memiliki kecepatan di bawah 13.5 knot, maka baik bentuk haluan normal (tanpa *bulbousbow*) maupun bentuk haluan dengan *bulbousbow* tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya daya mesin induk.

Selain 2 tipe haluan yang dominan diatas, ada satu tipe haluan yang secara *revolutioner* merupakan hasil optimasi antara kedua tipe haluan diatas dan digunakan pada desain kapal

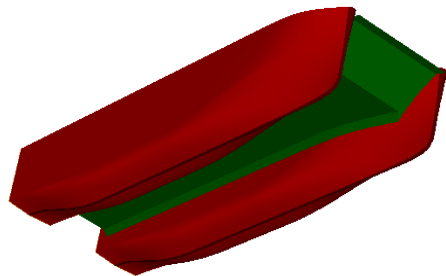
catamaran 1000GT ini yaitu haluan tipe *axe bow*(gambar7).

J.A Keuning, J. Pinkster dan F Van Walree (1995), telah melakukan kajian penggunaan *axe bow* ini pada kapal patroli dan menyimpulkan bahwa penggunaan *axe bow* bisa meningkatkan performance *seakeeping* dari kapal dan menurunkan accelerasi vertikal hingga sebesar 40% pada saat kapal melawan gelombang[6].

Axe bow dicirikan dengan bentuk haluan yang hampir rata atau lurus secara vertikal, dengan ujung haluan yang sempit atau lancip dengan *freeboard* yang dalam. Dengan bentuk mirip mata kapak yang tajam, *axe bow* akan lebih mudah membelah air saat kapal berlayar dan tidak akan terlalu banyak dipengaruhi oleh gelombang saat berlayar melawan ombak sehingga efek *pitching* bisa sangat berkurang. Pada umumnya *axe bow* memiliki sarat haluan yang cukup dan bagian depan tidak akan terangkat melebihi garis air maka *axe bow* juga akan lebih baik unjuk kerjanya terhadap terjadinya *slamming* dibandingkan kapal dengan haluan normal.

4.6 Bentuk Badan Kapal

Berdasarkan ukuran utama kapal, konfigurasi lambung kapal, dan bentuk haluan kapal, maka didesain bentuk lambung kapal. Bentuk lambung kapal ini didesain dengan bantuan software maxsurf. Pemodelan bentuk lambung kapal ini sangat penting dikarenakan bentuk lambung ini nantinya digunakan sebagai acuan dalam melakukan analisis berikutnya seperti perhitungan daya mesin induk. Ilustrasi model lambung kapal catamaran 1000 GT dapat dilihat pada gambar 8berikut ini.



Gambar 8. Bentuk badan kapal catamaran ukuran 1000 GT

4.7 Estimasi Kecepatan dan Daya Mesin

Kecepatan kapal ditentukan berdasarkan *requirement* yang diberikan. Adapun besarnya daya mesin induk ditentukan berdasarkan

perhitungan hambatan kapal menggunakan metode Holtrop, simulasi dengan *hullspeed* dan uji tarik di *towing tank*.

Gambar 9. Uji tarik model kapal catamaran di



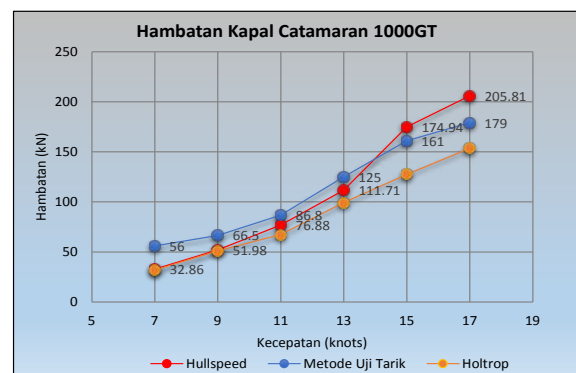
Laboratorium Hidrodinamika Indonesia (LHI)[3]

Gambar 9 menunjukkan foto uji Tarik model kapal catamaran 1000GT di Laboratorium Hidrodinamika Indonesia, Surabaya. Sedangkan perhitungan daya mesin induk merupakan hasil estimasi awal dengan asumsi efisiensi propulsif sebesar 55% (Tabel3).

Hubungan antara kecepatan kapal dan daya mesin hasil perhitungan dengan menggunakan software *maxsurf – hullspeed* maupun hasil uji Tarik ditunjukkan pada grafik di gambar 10.

Tabel 3. Hasil perhitungan tahanan dan daya mesin.

| V (knots) | Metode Holtrop (kN) | Hull speed (kN) | Uji Tarik (kN) | Daya Mesin (kW) | Daya Mesin (Hp) |
|-----------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 7 | 31.82 | 32.86 | 56 | 367 | 498 |
| 9 | 51.16 | 51.98 | 66.5 | 560 | 761 |
| 11 | 67.33 | 76.88 | 86.8 | 893 | 1214 |
| 13 | 99.35 | 111.71 | 125 | 1520 | 2066 |
| 15 | 127.46 | 174.94 | 161 | 2259 | 3071 |
| 17 | 153.4 | 205.81 | 179 | 2846 | 3869 |



Gambar 10. Grafik hambatan kapal catamaran 1000GT

Dari hasil estimasi perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 3 maupun gambar 10 diatas, terlihat bahwa pada kecepatan 15 knots, tahanan kapal mencapai 174.94 kN sehingga daya mesin yang dibutuhkan adalah 3071 HP.

Dengan mempertimbangkan faktor desain dan kemungkinan adanya error maupun deviasi pada asumsi perhitungan maupun efisiensi propeller, maka di pilih daya mesin yang digunakan adalah 3240 HP.

Untuk kapal catamaran 1000 GT ini diusulkan menggunakan 4 buah mesin masing-masing 810 HP dengan 4 buah propeller berdasarkan beberapa pertimbangan keuntungan, diantaranya ; dengan menggunakan 4 buah propeller maka untuk bisa menghasilkan gaya dorong (*thrust*) yang sama diameter propeller bisa lebih kecil daripada jika menggunakan 2 buah propeller. Hal ini tentunya lebih sesuai dengan konsep dari kapal catamaran ini yang memang didesain untuk memiliki sarat yang kecil (*shallow draft*) dan tahanan kapal yang kecil. Jika menggunakan 2 buah propeller maka diameter propeller harus lebih besar bisa jadi tidak sesuai untuk sarat kapal catamaran yang rendah.

Dengan digunakannya 4 mesin dan empat buah propeller maka akan lebih mudah dan efisien untuk operasional dan *manouvering*. Misalnya saat akan masuk atau meninggalkan pelabuhanmaupun saat bermanouver pada kecepatan rendah cukup 2 mesin saja yang dioperasikan sehingga konsumsi bahan bakar akan lebih hemat, dibandingkan jika harus mengoperasikan 2 mesin yang lebih besar.

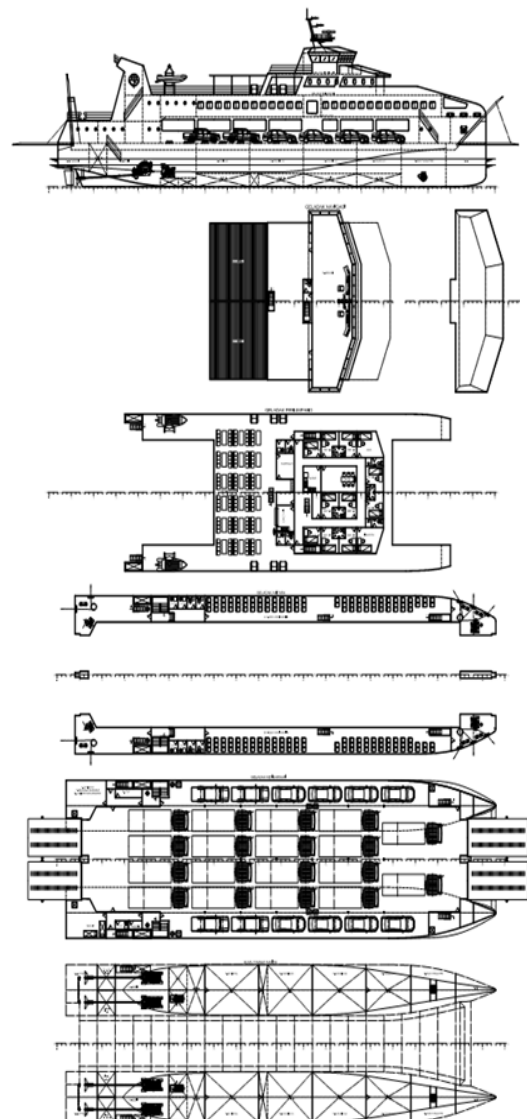
Selain itu dengan jumlah mesin dan propeller 4 buah, sistem ini akan lebih handal, misalnya jika terjadi kegagalan pada satu buah mesin, maka masih bisa digunakan dua buah mesin yang lain dengan 2 buah propeller sehingga kapal masih tetap bisa berlayar dengan seimbang.

4.8 Rencana Umum Kapal

Berdasarkan estimasi awal tentang kapasitas, ukuran utama, dan daya mesin induk, maka desainer melakukan penyusunan gambar rencana umum. Gambar rencana umum ini disusun dengan mempertimbangkan aspek aksesibilitas, keamanan, dan keselamatan berdasarkan peraturan baik Nasional maupun Internasional. Adapun Gambar Rencana Umum dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini.

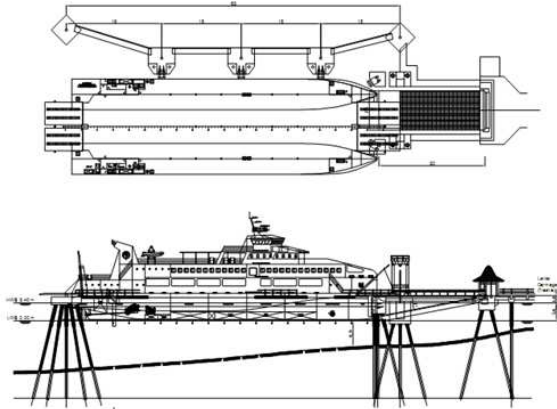
Kapal catamaran 1000 GT ini didesain memiliki 5 geladak, yaitu ; Alas/Dasar Ganda, Geladak Kendaraan, Geladak Antara, Geladak Penumpang, dan Geladak Navigasi.

Geladak kendaraan mampu menampung 18 Truk Besar dan 12 Sedan MPV yang akses keluar masuk geladak kendaraan bisa melalui buritan atau haluan dimana masing – masing dilengkapi dengan 2 buah *rampdoor*.



Gambar 11. Rencana umum kapal ferry catamaran 1000GT[3]

Desain 2 buah *ramp door* ini adalah untuk mendapatkan fleksibilitas pelabuhan tempat kapal ini akan sandar. Dimana pada umumnya terminal pelabuhan yang ada di Indonesia didesain untuk kapal *monohull*, sehingga jika digunakan untuk kapal catamaran dengan satu ramp door ditengah tidak akan sesuai kecuali dilakukan modifikasi pada lambung kapal



catamaran tersebut. Gambar 12 Ditunjukkan posisi kapal catamaran pada *moveable bridge* (MB).

Gambar 12. Posisi Kapal Catamaran 1000GT bersandar di MB[3]

Kapal ini juga didesain untuk memuat 280 orang penumpang dan 16 orang ABK. Penumpang dibagi menjadi 160 orang untuk kelas ekonomi kursi baring di geladak antara dan 120 orang untuk penumpang daylight di ruang terbuka geladak penumpang dimana pada umumnya sebagian besar penumpang akan lebih suka untuk berada di geladak terbuka untuk mengurangi efek mabuk laut, dan juga untuk melihat – lihat pemandangan laut. Selain itu di geladak kendaraan ditempatkan juga ruang akomodasi untuk ABK 4 Orang (4P) untuk kemudahan operasional. Dimana untuk rute – rute yang pendek maka beberapa ABK yang bekerja di sekitar geladak kendaraan tidak perlu naik turun ke geladak akomodasi. Selain itu dalam kasus emergency ABK di geladak kendaraan akan lebih cepat mengakses ke ruang generator darurat dan pemadam darurat.

Menyesuaikan dengan kondisi umum kapal - kapal penyeberangan yang sudah ada, pada kapal catamaran 1000GT ini juga ada ciri umum tersebut yaitu geladak navigasi yang dibuat menjorok ke samping (*wing bridge*). Hal ini untuk memberikan pandangan yang luas bagi operator dari *wheel house* baik kearah

depan, samping maupun belakang sehingga akan lebih mudah, cepat dan aman pada saat kapal akan bersandar.

Berdasarkan penentuan kapasitas, ukuran utama kapal, dan rencana umum yang telah dilakukan maka dilakukan perhitungan terhadap tonase aktual dari kapal catamaran 1000GT. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapal dengan tipe 1000 GT memiliki *gross tonnage* sebesar 1130 tonnase dan *nett tonnage* 197 tonnase.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari *owner requirement* yaitu untuk mendapatkan kapal ferry catamaran 1000GT maka diterjemahkan melalui proses pemilihan parameter ukuran utama didapatkan dimensi utama kapal dan nilai tonnase aktual GT dan NT masing – masing adalah 1130GT dan 197GT.

Bentuk haluan tipe kapak (*axe bow*) dipilih sebagai bentuk yang moderat antara bentuk haluan normal dan haluan dengan *bulbous bow* untuk mendapatkan *performance* hidrodinamis kapal yang optimal pada kecepatan 15 knots.

Dimensi utama kapal ditentukan dengan mempertimbangkan kapasitas muatan yang optimum, yang kemudian didetailkan dalam gambar rencana umum.

Dari hasil perhitungan dan pengujian tahanan kapal diestimasi kebutuhan penggerak utama untuk kapal ferry catamaran ini, yaitu 4 buah mesin diesel masing – masing berkapasitas 810 Hp.

5.2 Saran

Perlu dianalisa lebih lanjut untuk mengetahui *performance* olah gerak kapal. Dan variasi penggunaan berbagai macam material konstruksi; baja, aluminium dan kombinasinya terhadap *performance* tahanan, kapasitas muatan, biaya pembangunan dan biaya operasional kapal. Perhitungan kelayakan (*feasibility study*) yang detail meliputi biaya – biaya tersebut perlu dilakukan sebelum kapal ferry catamaran ini dibangun.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. H. Evans, "Basic Design Concept," *American Society of Naval Engineers Journal*, , Vols. Vol. 71, No. 4, pp. 672-678,

- 1959.
- [2] M. G. Parsons, Chapter 11. Parametric Design, Univ. Of Michigan: Dept. Of Naval Architecture and Marine Engineering, 2001.
 - [3] D. J. P. D. A. Kementerian Perhubungan, "Laporan Studi Desain Kapal Penyeberangan Penumpang Multi Hull (Catamaran) RO - RO 1000GT," Jakarta, 2013.
 - [4] I. M and M. A.J, "An investigation into the resistance components of high speed displacement catamaran," *Transaction of the Royal Institution of Naval Architects*, p. 134, 1992.
 - [5] S. Zaghi, R. Broglia and A. di Mascio, "Experimental and numerical investigations on fast catamarans interference effects," in *9th International Conference on Hydrodynamic*, Shanghai, China, 2010.
 - [6] D. B. Danisman, O. Goren, M. Insel and M. Atlar, "An Optimization Study for the Bow Form of High Speed Catamaran," *Marine Technology*, Vols. Vol 38, No.2, no. April 2001, pp. 116-121, 2001.
 - [7] J. A. Keuning, J. Pinkster and F. Van Walree, "Further investigation into the hydrodynamic performance of the AXE Bow Concept," in *Proc. of the 6th Symposium on High Speed Marine Vehicles (WEMT)*, Castello di Baia, Italy, 2002.